

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 9 日 (09.09.2005)

PCT

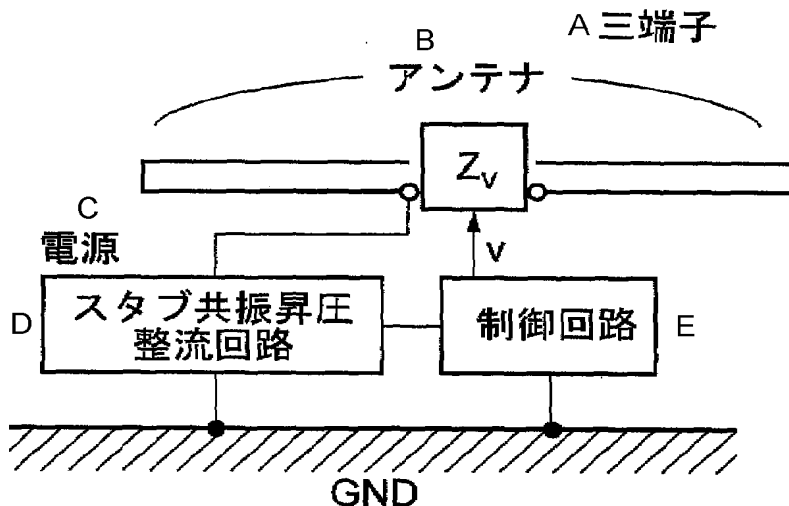
(10) 国際公開番号  
WO 2005/083895 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H04B 1/59, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社インテリジェント・コスモス研究機構 (INTELLIGENT COSMOS RESEARCH INSTITUTE) [JP/JP]; 千9893204 宮城県仙台市青葉区南吉成六丁目6番地の3 Miyagi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002746
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 21 日 (21.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-054933 2004 年 2 月 27 日 (27.02.2004) JP  
特願 2004-304876  
2004 年 10 月 19 日 (19.10.2004) JP
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 北吉 均 (KITAYOSHI, Hitoshi) [JP/JP]; 千9893124 宮城県仙台市青葉区上愛子字街道5 9-4 9 Miyagi (JP). 澤谷 邦男 (SAWAYA, Kunio) [JP/JP]; 千9800871 宮城県仙台市青葉区八幡4丁目2-3 1 Miyagi (JP).

[続葉有]

(54) Title: RF ID TAG DEVICE

(54) 発明の名称: RFIDタグ装置



F 本発明

- A ...THREE TERMINALS  
B ...ANTENNA  
C ...POWER SUPPLY  
D ...STUB RESONANCE BOOSTING/RECTIFYING CIRCUIT  
E ...CONTROL CIRCUIT  
F ...PRESENT INVENTION

(57) Abstract: To overcome the drawback of the conventional RF ID tag devices having a short possible communication distance and magnify the communication distance of the conventional system by several times. The conventional system employs a balanced feeding/balanced modulation (two terminal circuits for antenna operation), while the present invention employs an unbalanced feeding/balanced modulation (three terminal circuits for antenna operation). The conventional system employs a simple rectification of received RF signals, while the present invention employs a circuit configured by combining an impedance-conversion boosting system based on the stub resonance with a ladder boosting system. The conventional system employs an ASK or BPSK modulation, while the present invention can employ a QPSK modulation circuit in addition to a passive modulation.

(57) 要約: 本発明は、通信距離が短い従来のRFIDタグ装置の欠点を克服し、通信距離を従来方式の数倍以上に拡大することを目的としている。従来

方式が平衡給電・平衡変調（アンテナ動作に対して2端子回路）であるのに対して、本発明は、不平衡給電、平衡変調（アンテナ動作に対して3端子回路）とし、従来方式が受信したRF信号

[続葉有]

WO 2005/083895 A1



(74) 代理人: 福森 久夫 (FUKUMORI, Hisao); 〒1020074 東京都千代田区九段南 4-5-1 1 富士ビル 2 F Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

の単純整流であるのに対して、本発明では、スタブ共振によるインピーダンス変換昇圧方式とラダー昇圧方式を組み合わせた回路を採用し、従来方式が A S K 又は B P S K 変調であるのに対して、受動変調でありながら Q P S K 変調回路も採用することができる。

## 明 細 書

### RFIDタグ装置

### 技術分野

- [0001] 本発明はRFIDタグ装置に係り、詳細にはループアンテナやダイポールアンテナを用いて受動変調でありながら、例えばQPSK変調などで無線通信を行うことも可能なRFIDタグ装置に係る。

### 背景技術

- [0002] 特許文献1:特開平10-224262号公報
- [0003] 「無線周波数識別通信システムのタグ」物品や人、自動車や道路標識などに取り付けて、又は所持して、質問器(リーダ・ライタ)からの電波に応答することによって個体情報や位置の情報を質問器に知らせる移動体識別用無線設備としてRFIDというものがある。
- [0004] このRFIDは、バーコードの代替としてだけでなく、全く新しい未来のネットワーク社会のインストラクチャーを実現する要素技術になると考えられる。現時点では、数十cm以内の比較的近距离で通信を行なうRFIDの研究開発が主に進められているが、10m程度の比較的遠方からも通信が可能な小型RFIDタグが安価に実現できれば、その応用範囲はさらに広がると考えられる。
- [0005] 例えば、物品や人、自動車や道路標識などに取り付けて移動体が10m程度先からその個体情報や位置の情報を読みとることによって容易に安全、便利を享受することができる。
- [0006] 上述の特許文献1は従来の受動型RFIDタグ装置が記載されている。これによれば、従来の受動型RFIDタグ装置は図1に示す基本構成からなるため、以下の理由により通信可能距離が短いという問題があった。
- (1)アンテナ給電点・GND間のインピーダンス $Z_V$ を規則的に変化させて入射電波の反射・吸収を繰り返すことで応答信号を作っている為に送信出力(変換効率)が低く、かつ給電点・GND間に負荷インピーダンス $Z_V$ が入り、大きな受信電力の損失を生じる。

(2)アンテナ給電点で受信したRF信号をそのままダイオード整流して制御回路の電源電圧を作っている為出力電圧が低い。

(3)サブキャリア変調方式としてASK又はBPSKを用いている為送信電力当たりの送信可能な情報量が少ない。

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明では、図2に示す構成によって上記従来技術の欠点を克服し、通信距離を従来方式の数倍以上に拡大することを目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため本発明の要点は、以下に示すとおりである。

[0009] 従来方式が平衡給電・平衡変調(アンテナ動作に対して2端子回路)であるのに対して、本発明の方法は、不平衡給電、平衡変調(アンテナ動作に対して3端子回路)とし、従来方式が受信したRF信号の単純整流であるのに対して、本発明の方法では、スタブ共振によるインピーダンス変換昇圧方式とラダー昇圧方式を組み合わせた回路を採用し、従来方式がASK又はBPSK変調であるのに対して、受動変調でありながらQPSK変調回路を採用した。

[0010] すなわち、本発明のRFIDタグ装置は、2分割マイクロストリップアンテナと、スタブ共振によるインピーダンス変換RF昇圧方式とラダー昇圧整流方式を組み合わせた受電力回路および応答サブキャリア信号を発生するためのローカル発振回路を有するRFIDタグ装置であって、前記2分割マイクロストリップアンテナにおいて分割位置がストリップ導体の長さ中心点から少しずれていることを特徴とするRFIDタグ装置。本発明においては、変調方式に受動QPSK変調方式を用いることもできる。

[0011] また本発明のRFIDタグ装置は、前記2分割マイクロストリップアンテナにおいてインピーダンス変調素子がストリップ導体幅方向の両端にそれぞれ分割導体を連絡するように接続されていることが好ましい。

前記インピーダンス変調素子は、PINダイオード又はバラクタダイオードが好ましい。また、ダイオードでなくトランジスタを用いた電圧又は電流制御の3端子素子も好ましい。

- [0012] さらに本発明のRFIDタグ装置は、前記受電力回路とアンテナ給電点の接続に極めて小さい容量( $1\text{pF/GHz}$ 以下)を用いて高インピーダンス容量性給電を行うことが好ましい。なお、アンテナの給電点の位置はアンテナの受電効率を最大化するために2分割マイクロストリップアンテナの分割点に一致させない場合もある。
- [0013] また本発明のRFIDタグ装置は、前記受電力回路のスタブ共振器とラダー昇圧整流回路の容量性負荷インピーダンスを並列共振させ、さらに前記容量性給電インピーダンスを直列共振させることが好ましい。
- [0014] さらに本発明のRFIDタグ装置は、前記受電力回路のラダー昇圧整流回路でコンデンサの縦接続をGND側柱と受電側柱とみなし、GND側柱に対して受電側柱のコンデンサ容量を小さくし、かつ第一番目のGND-受電点間ダイオードを取り除き、かつ、直流ショートで高周波高インピーダンス受電を可能としたことが好ましい。
- [0015] また本発明のRFIDタグ装置は、前記受動QPSK変調方式で $1/4$ 分周器、シフトレジスタ、データセレクトのロジック回路を利用することが好ましく、分周器を $1/M$ 、シフトレジスタをM段、データセレクトをM入力とすることでMPSK変調とすることが好ましい。
- [0016] さらに本発明のRFIDタグ装置は、前記受動QPSK変調方式で応答情報を2bit単位でメモリに記録することが好ましい。
- [0017] また本発明のRFIDタグ装置は、前記受動QPSK変調方式で出力可能信号を得るための出力タイミング発生回路を有することが好ましく、前記出力タイミング発生回路で電源電圧の大きさとクロック信号によってランダムな遅延時間を有する一定幅、一定フレーム周期のパルス列を発生させることが好ましい。
- [0018] 本発明のRFIDタグ装置は、前記応答サブキャリア信号を発生させるためのローカル発振回路に温度センサ水晶発振機等のトランスデューサを用いることで、外部からその発振周波数を読み取ることのできるセンサ機能を併用することが好ましい。
- 本発明のRFIDタグを持たない移動体の位置検出方法は、前記RFID装置と1以上の親機(質問器)で構成されるシステムにおいて、各RFIDタグ装置と各質問器を連絡する電波伝搬経路中に障害物の有無を各RFIDタグと各質問器間の通信の有無によって判断することを特徴とする。

[0019] 前記RFIDタグを持たない移動体の位置検出方法において、各RFIDタグの応答サブキャリア発生のためのローカル発振周波数および応答タイミングと質問器から出力する質問電波の周波数および質問電波の発生タイミングの組み合わせによって各RFIDタグと各質問器間に存在する複数の電波伝搬経路を区別することが好ましい。

本発明のRFIDタグを持つ移動体の位置検出方法は、前記RFIDタグ装置に対して2以上の受信専用または送受信兼用アンテナを有する質問器から2周波数以上の電波を送信し、その応答信号における受信アンテナ間の位相差(遅延時間差)を利用してRFIDタグの位置を最尤判定することを特徴とする。

[0020] 前記RFIDタグを持つ移動体の位置検出方法において、3次元でのRFIDタグ位置判定を可能とするために4以上の受信専用または送受信兼用アンテナを有する質問機器を用いる場合において、前記2周波数以上で観測した4組以上の周波数応答から各電波伝搬経路における群遅延時間を求め、その内の少なくとも1つを基準として遅延時間の差を得ることによって共通測距オフセット量を除去することが好ましい。

本発明のRFIDタグ装置において、その通信可能距離をより拡大するためにタグアンテナを2以上とすることが好ましい。

[0021] 本発明の通信方法は、前記RFIDタグ装置において、応答サブキャリア信号を発生させるための各タグアンテナに与えるローカル発振信号の位相を周期的に変化させることによって合成される強い応答サブキャリア電波の指向性を周期的に変化させ、これによって強い応答電波を広い範囲の質問器へ向かって返送することを特徴とする。

#### 発明の効果

[0022] これらの構成を採用したことによって、以下のような顕著な効果を奏することが出来るようになる。

[0023] 不平衡給電、平衡変調(アンテナ動作に対して3端子回路)としたことによりアンテナの受信効率を最大化する効果を奏することができる。

[0024] また、スタブ共振によるインピーダンス変換昇圧方式とラダー昇圧方式を組み合わせた回路を採用することにより、従来方式の5倍以上の受信電圧を得ることができる。

[0025] さらに、受動変調でありながらQPSK変調回路を採用することにより単位電力当たり

従来比2倍の情報送信が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来のRFIDタグ装置を示す概略図である。

【図2】本発明のRFIDタグ装置を示す概略図である。

【図3】本発明の実施例1を示す斜視図である。

【図4】本発明の制御回路チップを示す平面図である。

【図5】本発明のインピーダンス変調素子の一例を示す図である。

【図6】本発明の実施例2を示す図である。

【図7】本発明の実施例3を示す図である。

【図8】本発明の実施例4を示す図である。

【図9】本発明の実施例4を示す図である。

【図10】10段コッククロフト・ウォルトン回路周波数応答特性（-3dBm入力 HRU 0302A  $C_o = 70\text{ pF}$ ）を示す図である。

【図11】10段コッククロフト・ウォルトン回路周波数応答特性（-3dBm入力 HSB 226  $C_o = 2.4\text{ pF}$ ）を示す図である。

【図12】複数RFIDの一括読み取り(Anticollision)方式を示す図である。

【図13】複数RFIDの一括読み取りシミュレーション「1秒フレーム内にランダムなタイミングでパケット送信」パケット時間幅/同時読み取り可能数を示す図である。

【図14】RFID用平面アンテナの構造とシミュレーションモデルを示す図である。

【図15】RFID応答受信周波数スペクトラム（HP 83620A Synthesized Sweeper 使用）を示す図である。

【図16】RFIDからの変調波受信利得の比較図（送受信  $\lambda/2$  ダイポール 距離  $z = 5\lambda$ ）である。

【図17】スタブ共振昇圧整流回路の周波数応答特性（-10dBm入力  $RL = 33\text{ k}\Omega$  by SPICE simulation）を示す図である。

【図18】RFID応答受信感度周波数特性において、マイクロストリップ線路・GND間の高さを変化（距離  $z = 5\lambda$   $w = 0.0525\lambda$ 、 $R = 0\Omega$ 、 $C_o = 1\text{ pF}$ ）させて比較した図である。

【図19】RFID応答受信感度周波数特性において、マイクロストリップ線路幅を変化（距離  $z = 5\lambda$   $h = 0.021\lambda$ 、 $R = 0\Omega$ 、 $C_o = 1\text{ pF}$ ）させて比較した図である。

【図20】RFID応答受信感度周波数特性において、PINダイオードのショート抵抗Rを変化（ $C_{\text{open}} = 1\text{ pF}$  Low-f :  $h = 0.014\lambda$ 、 $w = 0.0525\lambda$ 、High-f :  $h = 0.028\lambda$ 、 $w = 0.035\lambda$ ）の抵抗比較を示す図である。

【図21】マイクロストリップRFIDからの変調波受信利得（送受信  $\lambda/2$  ダイポール 距離  $z = 5\lambda$ ）を示す図である。

【図22】本発明の実施例3に係るFMCWキャリア送信によるRFID応答信号の受信位相

差を利用した3次元位置推定を示す図である。

【図23】本発明の実施例3に係るRFIDの3次元位置推定シミュレーション（100回平均値 RFID位置範囲6m×6m×6m 受信アンテナ間隔50cm）を示す図である。

【図24】本発明の実施例4に係るRFIDマイクロストリップ素子のアレー化による通信距離の拡大（同相変調）する例を示す図である。

【図25】本発明の実施例4に係るRFID応答受信感度指向性（送信ダイポール距離20λ マイクロストリップ素子：0.364×0.0525λ）×3素子アレーを示す図である。

【図26】本発明の実施例4に係るRFIDマイクロストリップ素子のアレー化による通信距離の拡大（逆相変調）する例を示す図である。



【図 27】本発明の実施例 4 に係る R F I D 応答受信感度指向性（送信ダイポール距離  $20\lambda$ ）3 素子アレー（素子間隔  $0.7\lambda$ ）位相差変調を示す図である。

【図 28】本発明の実施例 4 に係る R F I D 応答受信感度指向性（送信ダイポール距離  $20\lambda$ ）3 素子アレー（素子間隔  $0.5\lambda$ ）位相差変調を示す図である。

【図 29】R F I D タグの三次元位置を推定する FORTRAN プログラム例である。

【図 30】R F I D タグの三次元位置を推定する FORTRAN プログラム例である。

【図 31】R F I D タグの三次元位置を推定する FORTRAN プログラム例である。

【図 32】R F I D タグの三次元位置を推定する FORTRAN プログラムの実施例である。

【符号の説明】

【0027】

c 1 2 0 1 一重読み取り（同一タイミングでパケットの重なり不可）の場合は、準同期遅延検波を行う。

c 1 2 0 2 二重読み取り（同一タイミングで 2 パケットの重なり可）の場合は、キャリア位相分別同期検波を行う。

c 1 2 0 3 受信キャリアを変調して I D コードをパケット送信。

c 1 2 0 4  $t_{mn}$  は、それぞれ乱数を発生させて書く R F I D ごとに決める。

c 1 4 0 1、c 2 4 0 1、c 2 6 0 1  $f_0 + f_{LO}$  の受信信号レベル読み取り

c 2 2 0 1 各アンテナ受信信号の  $\omega_n + \Delta$  を同期検波

c 2 2 0 2 最低 3 パラメータから 3 次元位置を推定、実際には反射波が存在するために多周波応答位相差を用いた M U S I C アルゴリズムによる時間差計測を行う。

c 2 8 0 1 1 及び 0 は  $180^\circ$  位相差を表す

c 2 8 0 2 変調位相を順次切り替えて広い範囲で高い感度を実現する。

c 2 8 0 3 各素子の変調位相

D 1、D 2、D 3、D 4、D 5、D 6 ショットキー・バリアダイオード

D 7、D 8 P I N ダイオード

D 9 ツェナーダイオード

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

次に本発明に係る、実施の形態について説明する。

本発明において、2 分割マイクロストリップアンテナにおいて分割位置がストリップ導体の長さ中心点から少しずつずれている。

ここで、中心点をストリップ導体長さに対して 50% としたとき、分割位置は 55% ~ 80% が好ましい。

【0029】

分割位置が 55% では、変調効率（返信信号のレベル）が最大となる。しかし、受電効率に及ぼす可変インピーダンス素子の抵抗分の影響が大きくなる。

6/1

一方、分割位置が80%では、変調効率が低くなるが受電効率に及ぼす可変インピーダンス素子の抵抗分の影響が小さくてすむ。

**【0030】**

以上、可変インピーダンス素子の抵抗が小さい場合は分割位置55%程度とし、可変インピーダンス素子の抵抗が比較的大きい場合は分割位置をもっと大きく中心からずらした方が好ましい。

**【実施例1】****【0031】**

図3に本発明のRFIDタグ装置の基本構成を示す。この図において、RFIDタグ装置のアンテナは、地板導体・絶縁層・2分割ストリップ導体から成る。この図に示すRFIDタグ装置は、2.45GHz帯用で記載した寸法の単位はすべてmmである。また、2分割ストリップ導体の分割点は長さ方向の等分割より少しずれており、この特徴により

アンテナの受信効率を最大化する効果がある。

[0032] 図4に図3で示した制御回路チップの内容と2分割ストリップ導体と制御回路の接続の様子を示す。

[0033] 図4で制御回路チップとアンテナ間にはA、B、C、D、E、Fの6点で接続されている。A-B間及びD-E間にはインピーダンス変調用のPINダイオードD7及びD8が接続され、C-F間はアンテナの給電点になる。ここでC点はストリップ導体幅の中心点から少しずれており、この特徴によりアンテナの受信効率を最大化する効果がある。またF点は地板導体とスルーホールで接続される。

[0034] 図4の電源回路の動作原理を図5に示す。図5(a)はコッククロフト・ウォルトン回路と呼ばれる昇圧整流回路であり、複数の整流ダイオードとコンデンサをラダー接続することによって振幅 $V_i$ の正弦値信号を $V_i$ より高い直流電圧 $K(V_i - 1_j)$  [ $K$ はラダー段数、 $1_j$ はダイオードの順方向降下電圧]に整流出力することができる。ただし、図10、図11に示すとおりこの回路を高周波帯(例えば2.45GHz)で使用しようとした場合、各ダイオードの接合容量が入力負荷になるため、入力インピーダンスが非常に低くなり出力電圧が低下する欠点がある。

[0035] 図5(b)は、本発明の昇圧整流回路の動作原理図である。 $N\lambda_g/4$ ショートスタブ( $\lambda_g$ は伝送路の実効波長、 $N$ は奇数で1または3を用いる)は $\lambda_g$ 付近の入力信号に対して高周波帯において高い $Q$ 値を有するインダクタンス等価インピーダンスを示す。図5(b)のラダー昇圧部が容量性負荷であっても並列共振動作してインダクティブインピーダンスを保つことができる。一方、図5(b)のタンク回路昇圧部では前記インダクティブインピーダンスとキャパシティブ給電インピーダンスが直列共振動作することによってG-F間に

$V_L = V_i / (R_L \cdot \omega c) \gg V_i$ の大振幅RF信号を発生させ、結果として図5(b)の回路で $20V_i$ 以上の直流出力電圧を得ることができる。

[0036] 図17は、本発明の昇圧整流回路の動作解析結果であり、 $50\Omega / -10\text{dbm}$  (0.07V)の入力電圧を2.45GHzにおいて1V以上に昇圧整流している様子が分かる。

[0037] 次に図4の制御回路チップについて詳細に説明する。

[0038] 発振回路は $V_{DD}$ が与えられると $f_s$ のクロック信号を発生する。出力タイミング回路は

$V_{DD}$  及びクロック信号が与えられると、図12、図13に示すアンチコリジョンの為のタイミング信号(出力可能信号)を発生する。アドレスカウンタは出力可能信号とクロック信号が与えられるとクロックLパルスごとにメモリ読み出しアドレスを順次出力する。なお、このときデータ送信レートは  $2f_s/L$  (bit/sec) となる。メモリはアドレスカウンタで指定されたアドレスに記録されている2bitずつの情報を順次出力する。1/4分周器は  $f_s$  を1/4分周した信号を出力する。シフトレジスタはクロック  $f_s$  によって動作し、1/4分周器出力を  $90^\circ$  位相単位でシフト動作する。データセクタは、出力可能信号が与えられると2bitのメモリ出力に応じて4位相 ( $0^\circ$  から  $270^\circ$ ) のシフトレジスタ出力のうち一つを選択出力する。

[0039] この時、分周器を1/M、シフトレジスタをM段、データセクタをM入力とすることでMPSK変調とすることが可能である。この場合単位送信電力当たりの送信情報量をより大きく出来るという効果が得られる。

[0040] データセクタの出力は抵抗を介してPINダイオードD7及びD8に流れる電流の振幅を  $f_s/4$  周期で変化させ、2分割されたストリップ導体間の接続インピーダンスを変調する。このインピーダンスの変化は、図14に示すように、質問器側のアンテナとRFIDタグのアンテナ間の相互結合インピーダンスを変化させ、結果として質問器側のアンテナの反射係数  $\Gamma$  を  $f_s/4$  周期で変化させることになる。図15はこのときのスペクトルアナライザによる観測信号の一例であり、 $f_o$  の入射波が  $f_{LO}$  周期での  $\Gamma$  の変化によって変調された結果発生した信号成分 ( $f_o + f_{LO}$ 、 $f_o + 3f_{LO}$  など) が確認できる。この時、 $f_{LO} = f_s/4$  であり質問器側では  $f_o$  を正確に特定することができるために観測スペクトル ( $f_o + f_{LO}$ 、 $f_o + 3f_{LO}$  など) から容易にタグ側の発振回路の発振周波数  $f_s$  を評価することができる。すなわち、例えばタグ側の発振回路に水晶振動子温度センサ等を用いることによってタグ側の周囲温度を質問器側でモニタすることもできる。

[0041] ところで、本発明のRFIDタグ装置に用いるマイクロストリップアンテナについてその性質を解説する。マイクロストリップアンテナは板状ダイポールアンテナに地板を近づけただけでアンテナとしてはダイポール動作のように考えられるが、実際にはダイポールアンテナとは動作原理が大きく異なる。すなわち、ダイポールアンテナは電流アンテナであり、ストリップアンテナは磁流アンテナである。本発明でインピーダンス変

調用のPINダイオードをマイクロストリップ導体の幅方向の両端に2個配置した理由も、ストリップ導体を流れる電流が幅方向の両端に集中するためである。

[0042] 図16は、図14の評価系において、地板を持たない従来ダイポールアンテナをRFIDタグに用いた場合と、本発明の2分割マイクロストリップアンテナをRFIDタグに用いた場合について質問器で受信できる応答信号の強さをアンテナ長 $L$ をパラメータにして解析した例である。この図を見て分かるように、本発明の方法は従来方法と比較して約10dB(電力が10倍)応答信号を強く受信できる。

[0043] 図14の評価系において、マイクロストリップアンテナの設計パラメータ $w$ 及び $h$ ( $L = 0.36\lambda$ は一定とした)に対する応答受信レベル周波数変化を図18乃至図20に示す。図18では、 $h$ (絶縁体の厚み)を小さくすることによって同サイズで低周波化(同周波数で小型化)出来るが、利用できる周波数帯域幅が狭くなることがわかる。

[0044] また、図19では、 $w$ (ストリップ導体幅)を大きくすることによって同サイズで低周波化出来るが、利用できる周波数帯域幅が狭くなることがわかる。

[0045] 図20では同サイズで低周波化した場合と高周波化した場合でインピーダンス変調用のPINダイオードの直列抵抗が受信レベルに与える影響について解析した結果である。この図を見て分かるように、同周波数で小型化した( $h$ 小、 $w$ 大)では、PINダイオードの直列抵抗の影響を大きく受け、高い応答受信レベルを得るには低抵抗化しなければならない。PINダイオードを低抵抗動作させる為には大きな電流を流すか、または接合容量を増やす(大面積、短接合)しかない。大電流はRFIDタグ装置の消費電力を増やすため、好ましくない。

[0046] 図21は図14の評価系において、PINダイオードの直列抵抗と接合容量をパラメータとして最大応答受信レベルを解析した結果である。この図を見て分かるように、PINダイオードの接合容量を増やしても応答受信レベルがほとんど変化しないことから、比較的安価なPINダイオードを使用しても高い応答受信レベルが得られる。

[0047] また、PINダイオードの代わりにバラダイオードを用いることもできるし、MOSFETのようなトランジスタを用いても良い。この場合より消費電力を低減することが出来る。

[0048] また、受電力回路のラダー昇圧整流回路でコンデンサの縦接続をGND側柱と受電側柱とみなしたときダイオードはそれらを連絡する桁と見なす事が出来る。通常は

全てのコンデンサの容量を同一にして昇圧効率を最大とするが、本発明ではGND側柱に対して受電側柱のコンデンサ容量を一桁小さく(具体的にはGND側柱:受電側柱=1:0.05)し、かつ、第一番目のダイオード(GND-受電点)を取り除くことによって入力負荷容量を小さくし、かつ、直流ショートで高周波高インピーダンス受電が可能となる。

## 実施例 2

### [0049] (RFIDタグを持たない移動物体の位置検出方法)

本発明のRFIDタグが無電源でありながら比較的長距離で通信を行なうことが可能である特徴を利用する。

### [0050] 図6に示すように、タグ#1乃至タグ#4及び質問器#1と質問器#2の位置は既知であるとして移動物体が遮るパスの情報から移動体の位置を推定することが可能になる。

### [0051] この場合、 $f_{m1} = f_{m2}$ 、 $f_{s1} = f_{s2} = f_{s3} = f_{s4}$ として質問器からのCW出力を時分割、タグからの応答をアンチコリジョン系としても良い。

### [0052] さらに、 $f_{m1} \neq f_{m2}$ 、 $f_{s1} = f_{s2} = f_{s3} = f_{s4}$ として質問器からのCW出力を連続して出力し、タグからの応答をアンチコリジョン系としても良い。

### [0053] さらに、 $f_{m1} \neq f_{m2}$ 、 $f_{s1}$ 、 $f_{s2}$ 、 $f_{s3}$ 、 $f_{s4}$ を全て異なる周波数として質問器からのCW出力を連続して出力する系としても良い。

## 実施例 3

### [0054] (RFIDを持つ移動物体の位置検出方法)

本発明のRFIDタグが無電源でありながら比較的長距離で通信を行なうことが可能である特徴を利用する。

### [0055] 図22、図23に示すように親機側に複数の受信アンテナを用い、2周波以上のcw信号を送信しRFIDタグからの応答信号の位相差を検出することによってRFIDタグの3次元位置を推定することができる。

### [0056] 図7において親機の構成を示す。フーリエ変換部ではアンテナ#1乃至#4のRe及びImのデータの時系列フーリエ積分して周波数 $\Delta$ のスペクトル位相を算出する。この時、各アンテナケーブル及びダウコンバータと選択SW切換時間差による位相差

は校正・補償するものとする。

[0057] なお、図29～31は図7の構成でRFIDタグの3次元位置を推定するためのアルゴリズムをFORTRAN言語で実現した例であり、図30はこのプログラムの実施例である。また、図23のRFIDタグの3次元位置推定RMS誤差の解析は図29～31のプログラムにおいて受信アンテナの個数と距離測定誤差をパラメータとして計算機シミュレーションした結果である。

なお、図29～31に示したプログラムでは以下の手順でRFIDタグの3次元位置推定のシミュレーションを行っている。

(1) 質問器からの出力電波周波数を $f_1 = 2.000\text{GHz}$ ,  $f_2 = 2.025\text{GHz}$ ,  $f_0 = 2(f_2 - f_1) = 0.05\text{GHz}$ ,  $\lambda_0 = 15\text{cm}$ として遅延評価サイクル長 $dlh = \lambda_0 / f_0$  (cm), 受信アンテナ数 $na=16$ とした。

(2) RFIDタグの3次元位置を入力する。

(3) 各受信アンテナでのRFIDからの応答信号受信位相から距離 $D$ を求める。この時各受信アンテナの間隔は50cmとした。

$$D = \{\text{Phase}(f_2) - \text{Phase}(f_1)\} \times 3 \times 10^{10} / \pi f_0 \text{ (cm)}$$

(4) 前記各受信アンテナでの受信位相から求めた距離 $D$ にノイズを加えるとともに基準アンテナに対する距離の差を算出する。ここで、基準アンテナに対する距離の差を取る理由は、前記ステップ(3)で求めた距離 $D$ には質問器送信アンテナからRFIDタグまでの距離 $D_x$ やRFIDタグの応答位相差等のオフセット量を共通に含むためであり、この $D_x$ の影響等を取り除く効果があるためである。

(5) 前記各受信アンテナの距離の差に対して遅延評価サイクル長 $dlh$ の補償を行う。

(6) RFIDタグの3次元位置 $X_p, Y_p, Z_p$ を仮定する。

(7) 前記仮定したタグ位置 $X_p, Y_p, Z_p$ に対して各受信アンテナでの受信位相から距離を求める。

(8) 前記ステップ(5)の実際に受信した各アンテナの距離の差と前記ステップ(7)の仮定したタグ位置に対して、各受信アンテナでの受信位相から求めた距離の差の比較を行う。

(9) 前記比較距離差に対して遅延評価サイクル長 $dlh$ の補償を行う。

(10) 前記サイクル補償後の各受信アンテナにおける比較距離差に対して誤差エネルギーを求める。

(11) 前記ステップ(6)乃至(10)の処理を繰り返した後に誤差エネルギーの小さい順に5組のタグ3次元位置のリストを求める。

(12) 前記大まかな5組のタグ3次元位置推定結果と誤差RMS値を表示する。

(13) 前記5組のタグ3次元位置をそれぞれ中心としてより細かいステップで前記(6)乃至(10)の処理を繰り返して最小の誤差エネルギーを与える3次元仮定タグ位置を求める。

(14) 前記最小誤差エネルギーを与える3次元仮定タグ位置を最終的に推定されたRFIDタグ位置として表示する。

#### 実施例 4

[0058] (より長距離でRFIDタグと通信する方法)

本発明のRFIDタグは単体でも10m程度の比較的長距離で通信を行なうことができる。しかし、高速道路などの標識に利用する場合、10m程度の通信距離では不足する可能性が高い。そこで、本発明のRFIDタグをアレー化し、各タグからの応答信号に位相差を与えることで、広い範囲からの質問器に対して高い感度で応答信号を返し、100m程度の通信を可能とする。その実施例を図24乃至28に示す。

[0059] ここでは、RFIDタグの配置及び各タグの応答信号位相を $0^\circ$  /  $180^\circ$  で組み合わせることによって指向性を制御する方法を示したが、図8に示すようにより細かい位相差を与えてより細かい指向性制御を行なうこともできる。

[0060] なお、図24乃至28の $0^\circ$  /  $180^\circ$  位相の組み合わせは図9のようなE<sub>x</sub> ORを用いることで容易に実現できる。

また、ここで与えられる位相の組み合わせを周期的に変化させることによって、応答電波は強いが狭い範囲にしか返送することができないビームをスキャンすることで広い範囲の質問器と通信することができる。

#### 産業上の利用可能性

[0061] 共通して安価かつ無電源でメンテナンス不要、長距離通信(最大で100m程度まで)が可能である特長を実現手段としている。



- [0062] (1) 容易に道路標識等に貼って比較的遠隔から、かつ電波の回折を利用して他の車の陰になる位置からでも質問器を使って情報を読取ることができるために、制限速度やカーブ・分岐揭示等の情報を運転者に伝えたり、車の自動運転や安全支援装置に伝えることで知的ナビゲーションシステムの構築が可能である。
- [0063] (2) 容易にポスター等の広告材に貼って比較的遠隔からでも質問器を使って情報を読取ることができるために、揭示広告からインターネットのホームページアドレス等を離れた位置から読取る装置への応用及び商品広告システムの構築が可能である。このとき、同じアドレスを持った複数のポスターを同時に読取ることもあるし、異なったアドレスのポスターを複数同時に読取る場合も考えられる。ユーザが所持する読み取り機(質問器)では、ポスターや付加したタグの視覚的情報と一致する色や比較的簡単なシンボル・記号を表すコードをIDの一部として取り込むことによってインターネットのリンク先の選択を容易にしたり、アドレスの重複表示を無くし、かつアドレス階層順に表示することとする。
- [0064] (3) 容易に展示物等の見本や商品に貼って比較的遠隔から読取ることができるために、展示物に接近する必要なく商品の予約やサイズ・色等の好みを付加した情報を商品販売者へ伝達(読み取り機に無線LAN機能や携帯電話機能を併用または読み取り機内に情報を蓄積して販売者へ返却)する予約及び市場調査システムの構築が可能である。このとき、展示棚やショーケース越しに同じIDを持った複数の商品の情報を同時に読取ることもあるし、異なったIDの商品情報を複数同時に読取る場合も考えられる。ユーザが所持する読み取り機では商品や付加したタグの視覚的情報と一致する色や比較的簡単なシンボル・記号を表すコードをIDの一部として取り込むことによって興味のある商品の選択を容易にしたり、IDコードやシンボルの重複表示を無くし、かつIDコードの階層順に表示することとする。
- [0065] (4) 容易に自動車や家電製品等に組み込んで比較的遠隔から読取ることができるために、リサイクル分別や不法投棄・盗難転売等の抑止のためのシステム構築が可能である。すなわち、製造時の情報のみでなく所有者の情報や危険物質の有無などの情報をIDコードとともに記録しておけば比較的簡単な読み取り機を用いて遠隔から一括識別することができる。

- [0066] (5) 本発明のRFIDタグ装置では、メモリ内に記録された情報のみでなく容易に選択された投票スイッチ等の情報も応答信号として返信し比較的遠隔から読取ることができるために、イベント会場等での即時投開票システムの構築が可能である。本発明のRFIDタグは無電源かつ薄型であり構造が比較的簡単であるために量産時のコストは数十円程度と考えられる。したがって、イベントの招待状やチケットとして利用して非回収とすることもできるし、回収してくり返し使用することもできる。
- [0067] (6) 本発明のRFIDタグでは、メモリ内に記録された情報のみでなく各種トランスデューサで計測された情報も応答信号として返信し比較的遠隔から読取ることができるために、健康に不安がある人の心拍等、体調情報を人に負担を掛けることなく比較的少ない質問器で遠隔から常時監視するシステムの構築が可能である。
- [0068] (7) 本発明のRFIDタグでは、メモリ内に記録された情報のみでなく各種トランスデューサで計測された情報も応答信号として返信し比較的遠隔から読取ることができるために、高圧送配電設備等、センサの配線が困難でかつ近づくことが危険でメンテナンスのための停止が容易でない装置を常時遠隔から監視するシステムの構築が可能である。
- [0069] (8) 本発明のRFIDタグ装置の構成を示す図2において、実施例図4ではスタブ共振昇圧整流回路と制御回路をまとめて制御回路チップとした。しかし、制御回路として汎用性の高い低消費電力のマイクロプロセッサ(例えば、マイクロチップ・テクノロジー社製のPIC16F684)を用いて、スタブ共振昇圧整流回路と組み合わせることもできる。このような構造とすることでアナログデータの取り込みやデジタルデータの取り込み、これらデータのRFIDタグ内での一時記憶やEEPROMによる長期記憶も可能となる。さらに、家電製品等のリモートコントロール受信用に利用できるばかりでなく電源が供給されていない状態でも各種情報の読み出しが可能である。例えば、このような情報が読み取り機(リモコン)で確認できる。
- ・電源が供給されていません。
  - ・xxxが故障しています。
  - ・xxxに〇〇が入ったままです。
  - ・xxxに〇〇が予約されています。

・x月x日x時x分、〇〇が最後に利用されました。

- [0070] (9) 本発明のRFIDタグ装置は2.45GHz帯の無線LANと同一規格で動作せせることができるため、質問器として無線LANの基地局または無線LAN端末を用いることもできる。このとき、無線LAN側からはRFIDタグ装置のための動作電力となる2.45GHz帯のキャリア信号の送信が必要であるが無線LANの規格であるFHSSやOFDM方式の電波であっても良い。RFIDタグ装置からはタグ内のローカル発信機の発振周波数分だけオフセットさせたサブキャリア信号に返信情報を載せて返してくるので、無線LAN側では送信キャリアで同期検波したサブキャリア信号の復調を行えばRFIDタグからの返信情報を読取ることができる。

## 請求の範囲

- [1] 2分割マイクロストリップアンテナと、スタブ共振によるインピーダンス変換RF昇圧方式とラダー昇圧整流方式を組み合わせた受電力回路および応答サブキャリア信号を発生するためのローカル発振回路を有するRFIDタグ装置であって、  
前記2分割マイクロストリップアンテナにおいて分割位置がストリップ導体の長さ中心点から少しずれていることを特徴とするRFIDタグ装置。
- [2] 変調方式に受動QPSK変調方式を用いることができるRFIDタグであることを特徴とする請求項1記載のRFIDタグ装置。
- [3] 前記2分割マイクロストリップアンテナにおいてインピーダンス変調素子がストリップ導体幅方向の両端にそれぞれ分割導体を連絡するように接続されていることを特徴とする請求項1、2記載のRFIDタグ装置。
- [4] 前記インピーダンス変調素子がPINダイオード又はバラクタダイオードであることを特徴とする請求項3記載のRFIDタグ装置。
- [5] 前記インピーダンス変調素子がダイオードでなくトランジスタを用いた電圧又は電流制御の3端子素子であることを特徴とする請求項3に記載のRFIDタグ装置。
- [6] 前記受電力回路とアンテナ給電点の接続に1pF/GHz以下の極めて小さい容量を用いて高インピーダンス容量性給電を行なうことを特徴とする請求項1〜5のいずれか1項に記載のRFIDタグ装置。
- [7] 前記受電力回路のスタブ共振器とラダー昇圧整流回路の容量性負荷インピーダンスを並列共振させ、さらに前記容量性給電インピーダンスを直列共振させることを特徴とする請求項1〜6のいずれか1項記載のRFIDタグ装置。
- [8] 前記受電力回路のラダー昇圧整流回路でコンデンサの縦接続をGND側柱と受電側柱とみなし、GND側柱に対して受電側柱のコンデンサ容量を小さくし、かつ第一番目のGND-受電点間ダイオードを取り除き、かつ、直流ショートで高周波高インピーダンス受電を可能としたことを特徴とする請求項1〜7のいずれか1項記載のRFIDタグ装置。
- [9] 前記受動QPSK変調方式で1/4分周器、シフトレジスタ、データセレクトのロジック回路を利用することを特徴とする請求項2〜8のいずれか1項記載のRFIDタグ装

置。

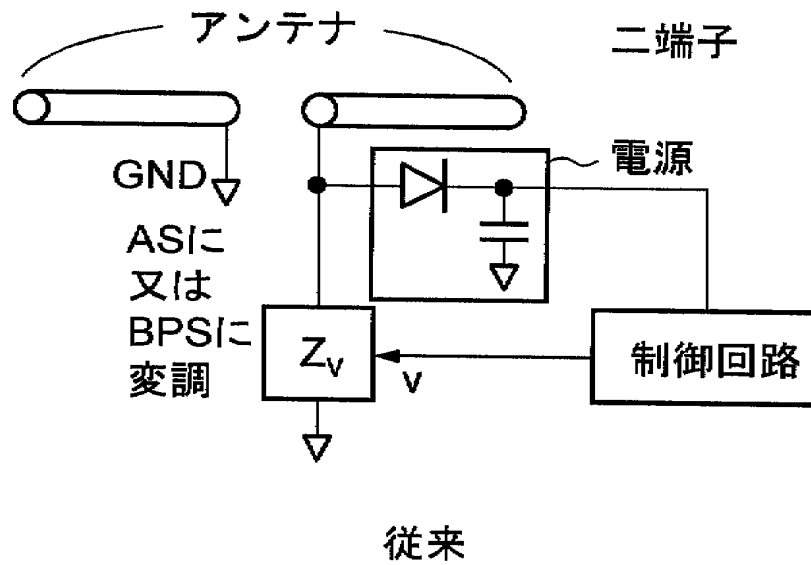
- [10] 分周器を $1/M$ 、シフトレジスタをM段、データセクタをM入力とすることでMPSK変調とした事を特徴とする請求項9記載のRFIDタグ装置。
- [11] 前記受動QPSK変調方式で応答情報を2bit単位でメモリに記録することを特徴とする請求項2〜9のいずれか1項記載のRFIDタグ装置。
- [12] 前記受動QPSK変調方式で出力可能信号を得るための出力タイミング発生回路を有することを特徴とする請求項2〜9、11のいずれか1項記載のRFIDタグ装置。
- [13] 前記出力タイミング発生回路で電源電圧の大きさとクロック信号によってランダムな遅延時間を有する一定幅、一定フレーム周期のパルス列を発生させることを特徴とする請求項12記載のRFIDタグ装置。
- [14] 前記応答サブキャリア信号を発生させるためのローカル発振回路に温度センサ水晶発振機等のトランスデューサを用いることで、外部からその発振周波数を読み取ることのできるセンサ機能を併用する請求項1〜13のいずれか1項記載のRFIDタグ装置。
- [15] 請求項1〜14のいずれか1項に記載のRFID装置と1以上の親機(質問器)で構成されるシステムにおいて、各RFIDタグ装置と各質問器を連絡する電波伝搬経路中に障害物の有無を各RFIDタグと各質問器間の通信の有無によって判断することを特徴とするRFIDタグを持たない移動体の位置検出方法。
- [16] 前記RFIDタグを持たない移動体の位置検出方法において、各RFIDタグの応答サブキャリア発生のためのローカル発振周波数および応答タイミングと質問器から出力する質問電波の周波数および質問電波の発生タイミングの組み合わせによって各RFIDタグと各質問器間に存在する複数の電波伝搬経路を区別することを特徴とする請求項15記載の位置検出方法。
- [17] 請求項1〜14のいずれか1項記載のRFIDタグ装置に対して2以上の受信専用または送受信兼用アンテナを有する質問器から2周波数以上の電波を送信し、その応答信号における受信アンテナ間の位相差(遅延時間差)を利用してRFIDタグの位置を最尤判定することを特徴とするRFIDタグを持つ移動体の位置検出方法。
- [18] 3次元でのRFIDタグ位置判定を可能とするために4以上の受信専用または送受信

兼用アンテナを有する質問機器を用い、前記2周波数以上で観測した4組以上の周波数応答から各電波伝搬経路における群遅延時間を求め、その内の少なくとも1つを基準として遅延時間の差を得ることによって共通測距オフセット量を除去することを特徴とする請求項17記載のRFIDタグを持つ移動体の位置検出方法。

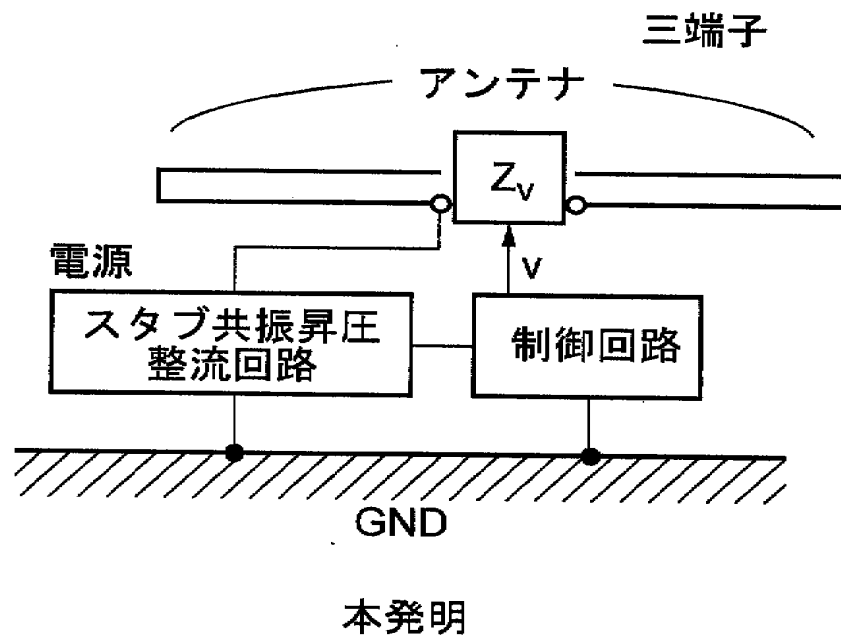
[19] 請求項1〜14のいずれか1項記載のRFIDタグ装置において、その通信可能距離をより拡大するためにタグアンテナを2以上としたことを特徴とするRFIDタグ装置。

[20] 請求項19記載のRFIDタグ装置において、応答サブキャリア信号を発生させるための各タグアンテナに与えるローカル発振信号の位相を周期的に変化させることによって合成される強い応答サブキャリア電波の指向性を周期的に変化させ、これによって強い応答電波を広い範囲の質問器へ向かって返送することを特徴とする通信方法。

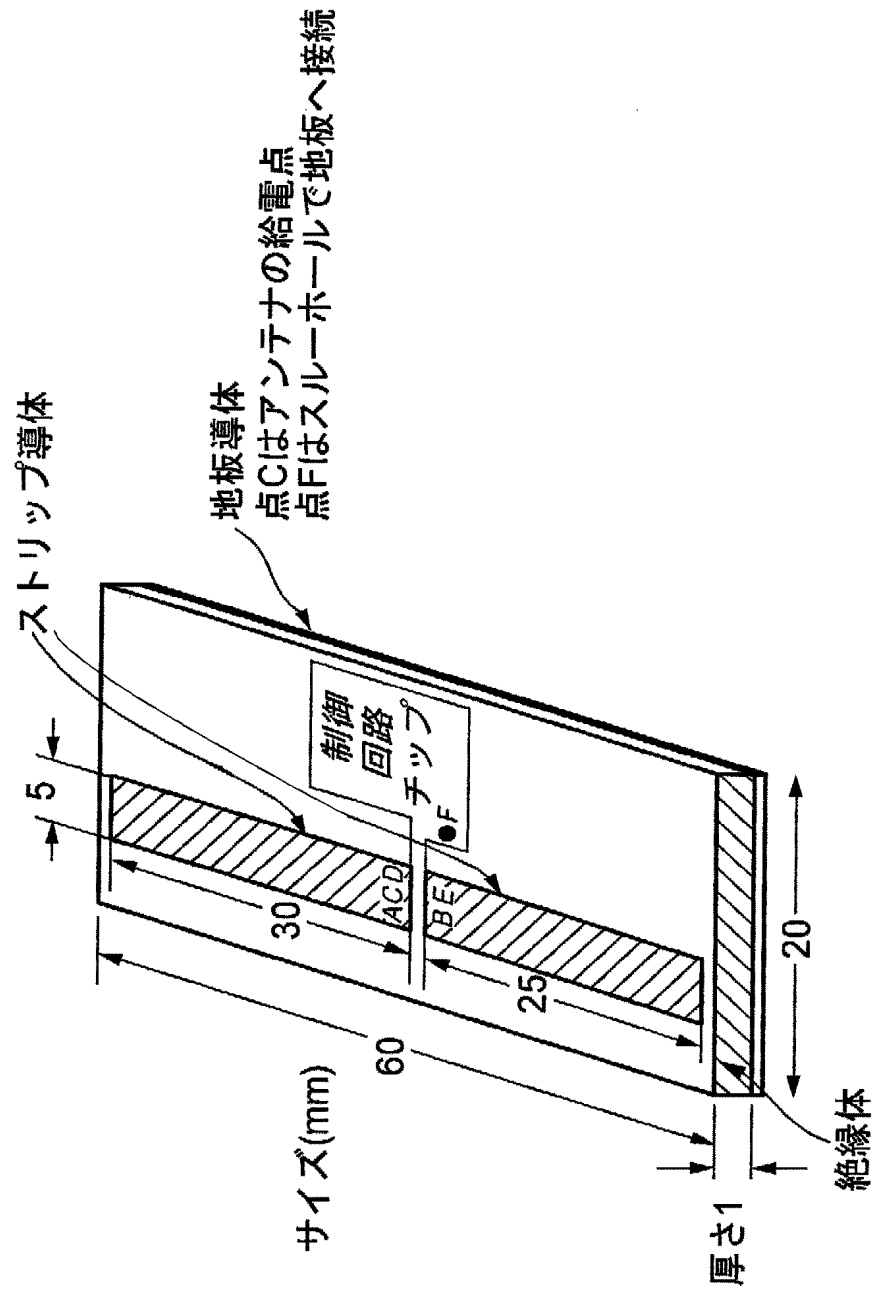
[図1]



[図2]

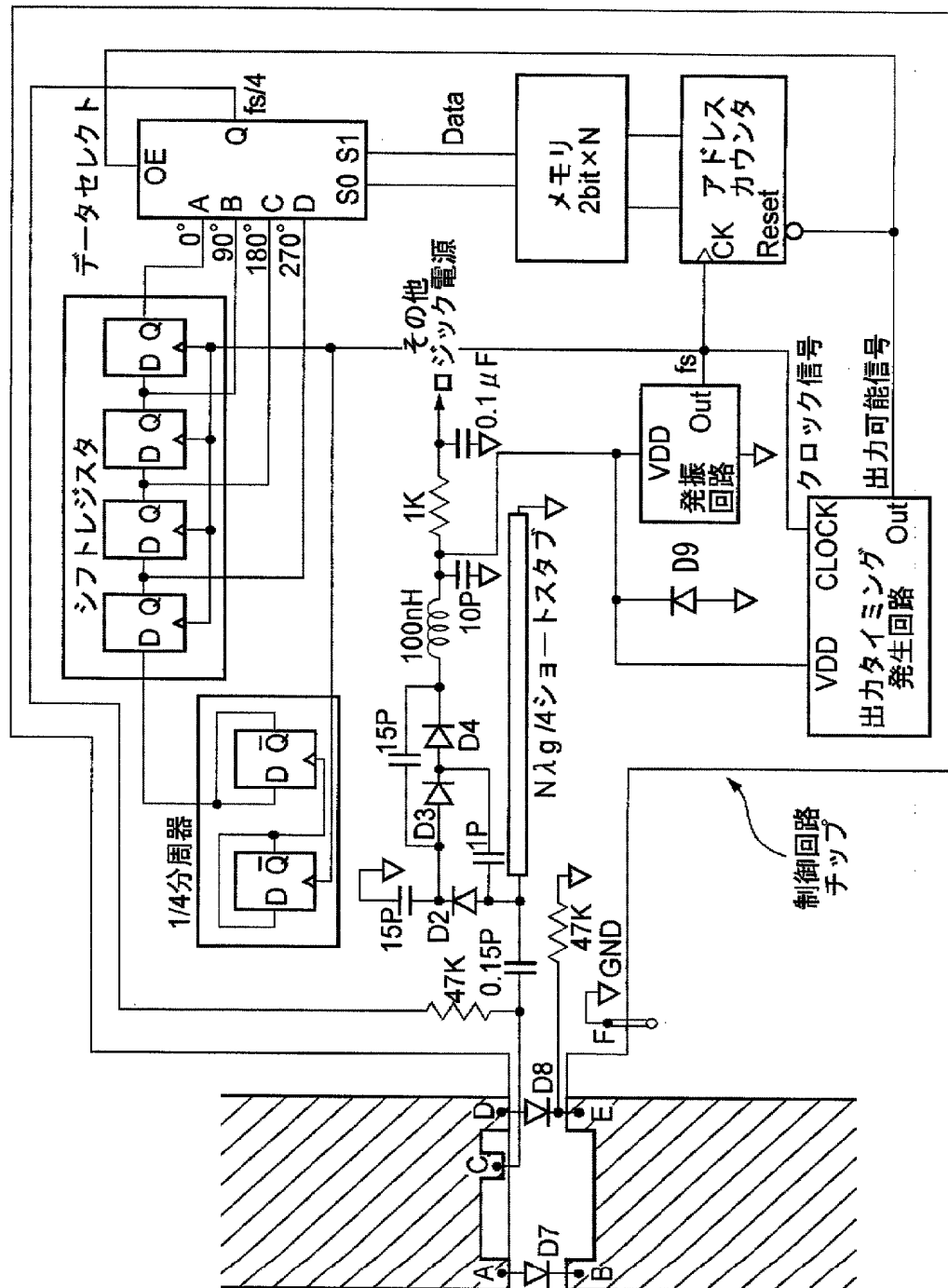


[図3]

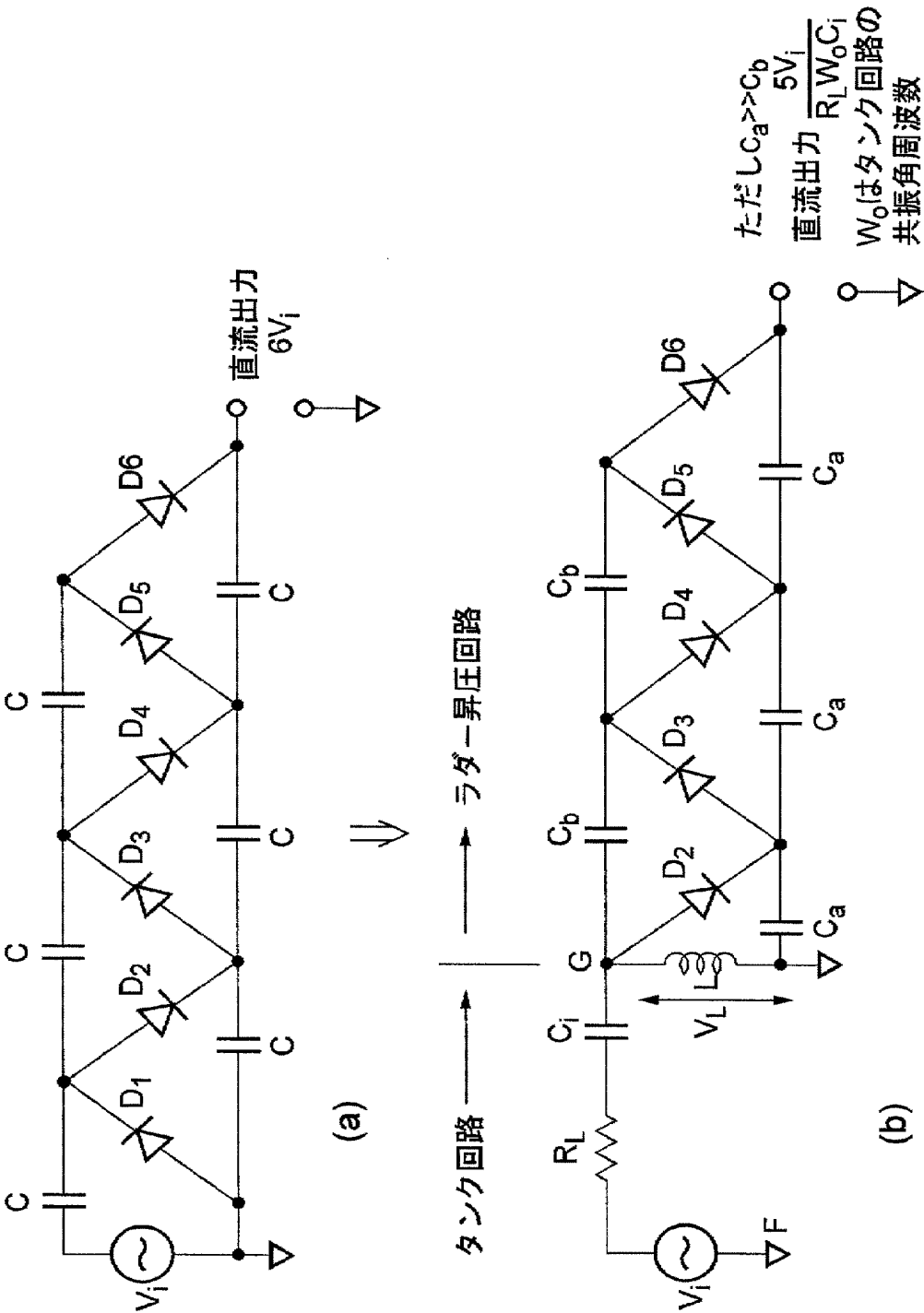




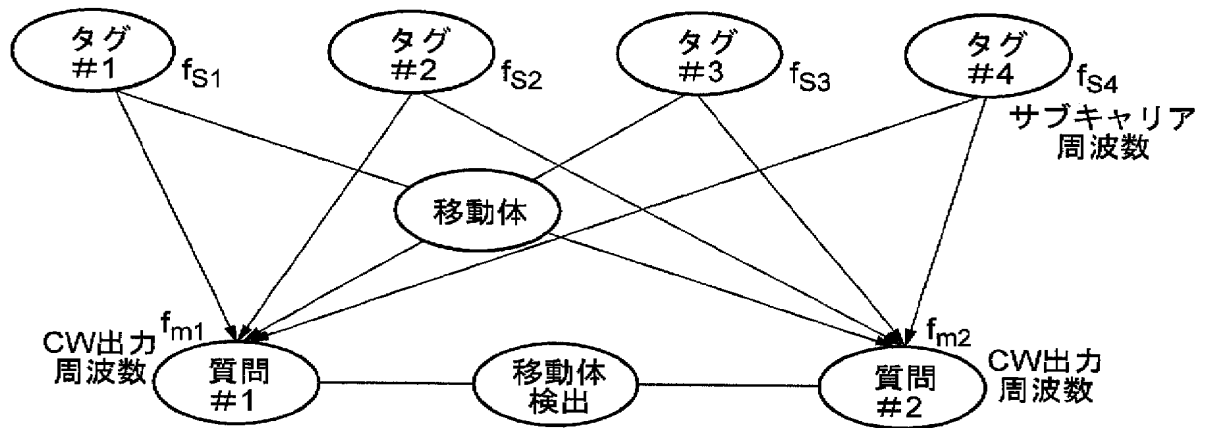
[図4]



[図5]



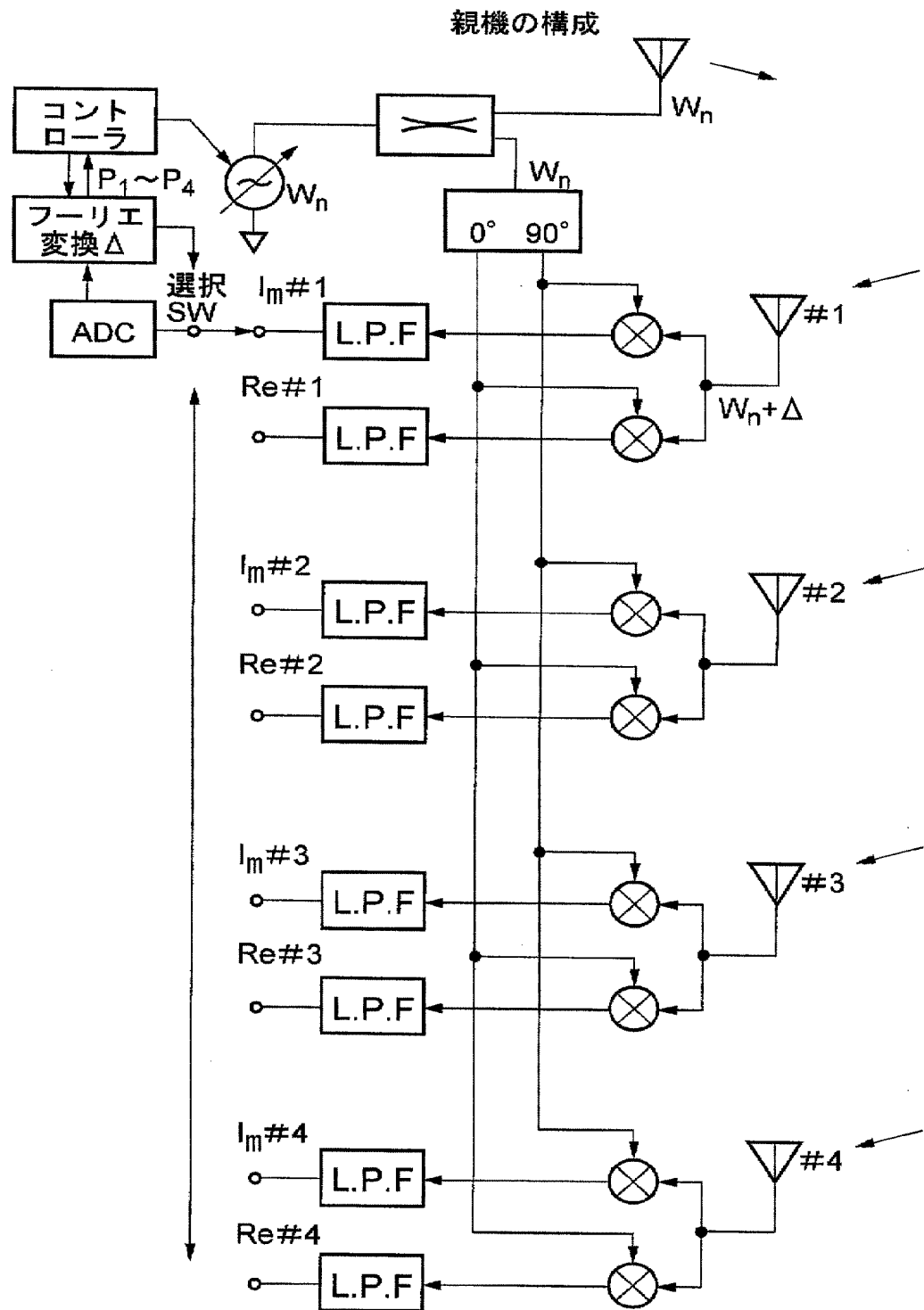
[図6]



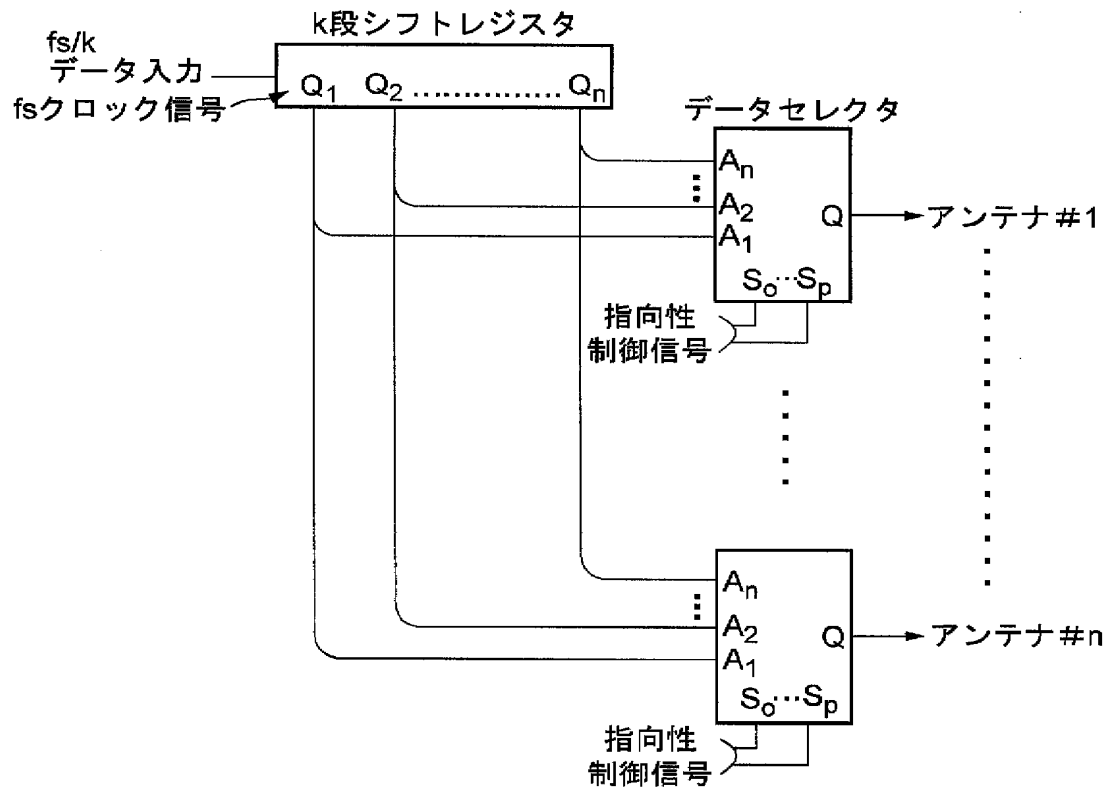
タグ応答信号の有無

|      |    | タグ番号 |    |    |    |
|------|----|------|----|----|----|
|      |    | #1   | #2 | #3 | #4 |
| 質問番号 | #1 | ○    | ○  | ×  | ○  |
|      | #2 | ×    | ○  | ○  | ○  |

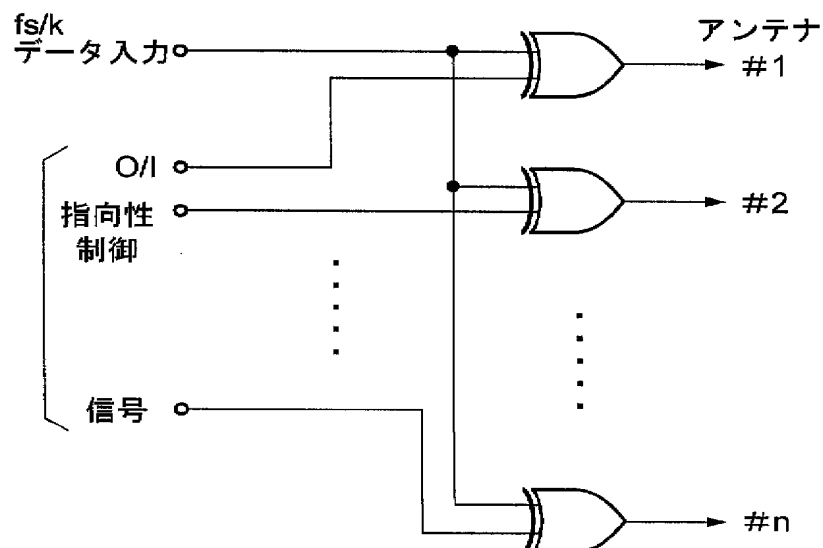
[図7]



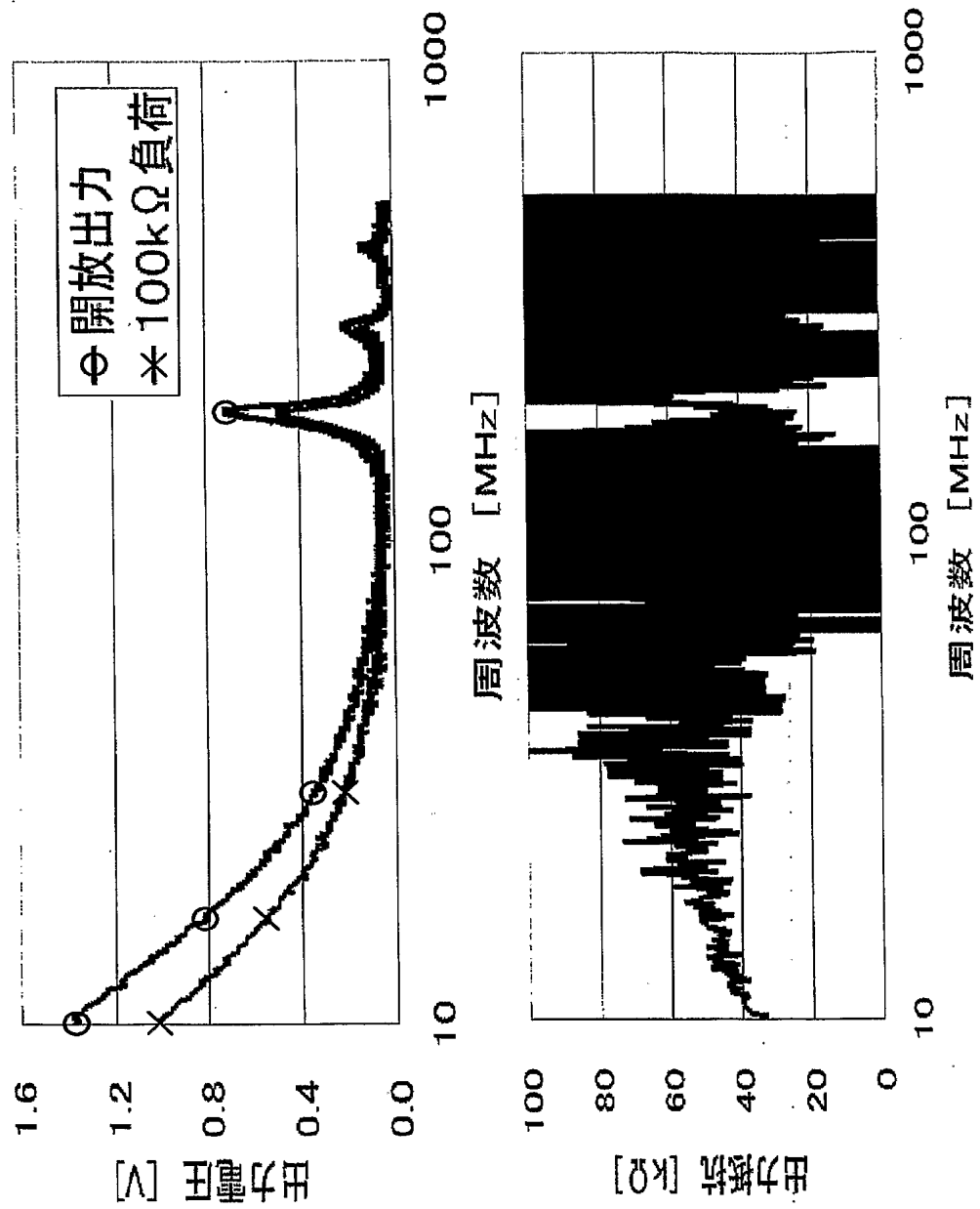
[図8]



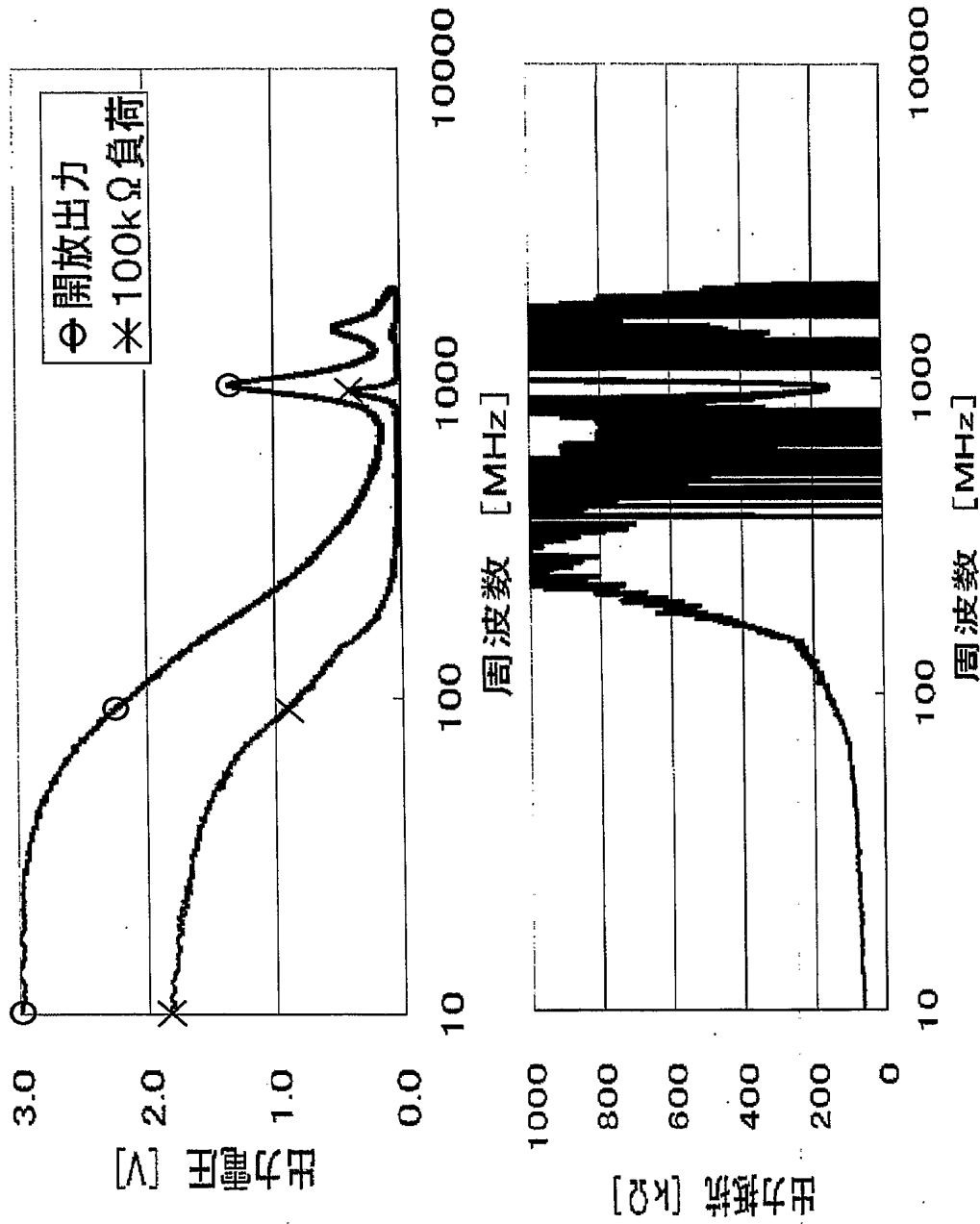
[図9]



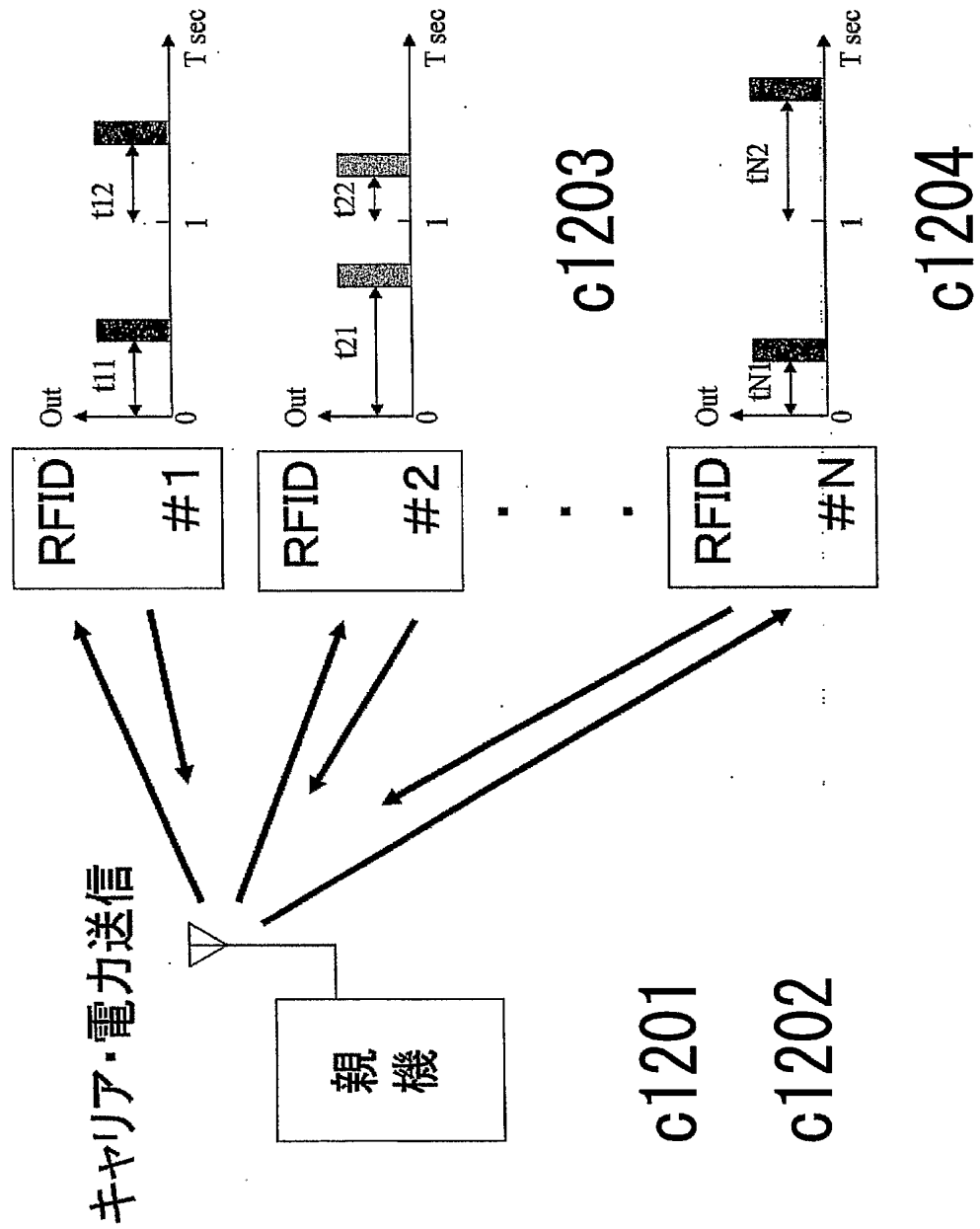
【図 10】



【図 1 1】

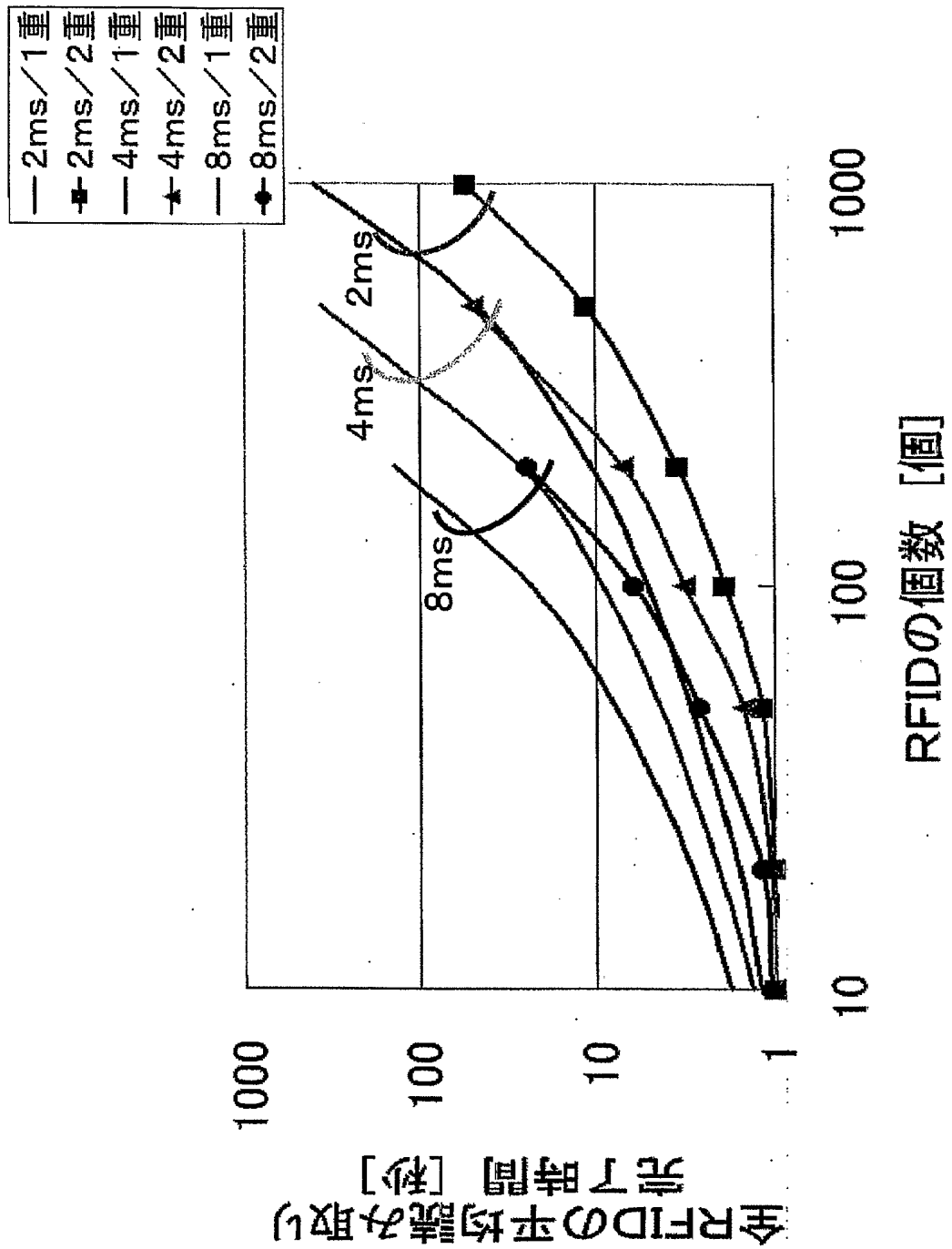


【図 12】



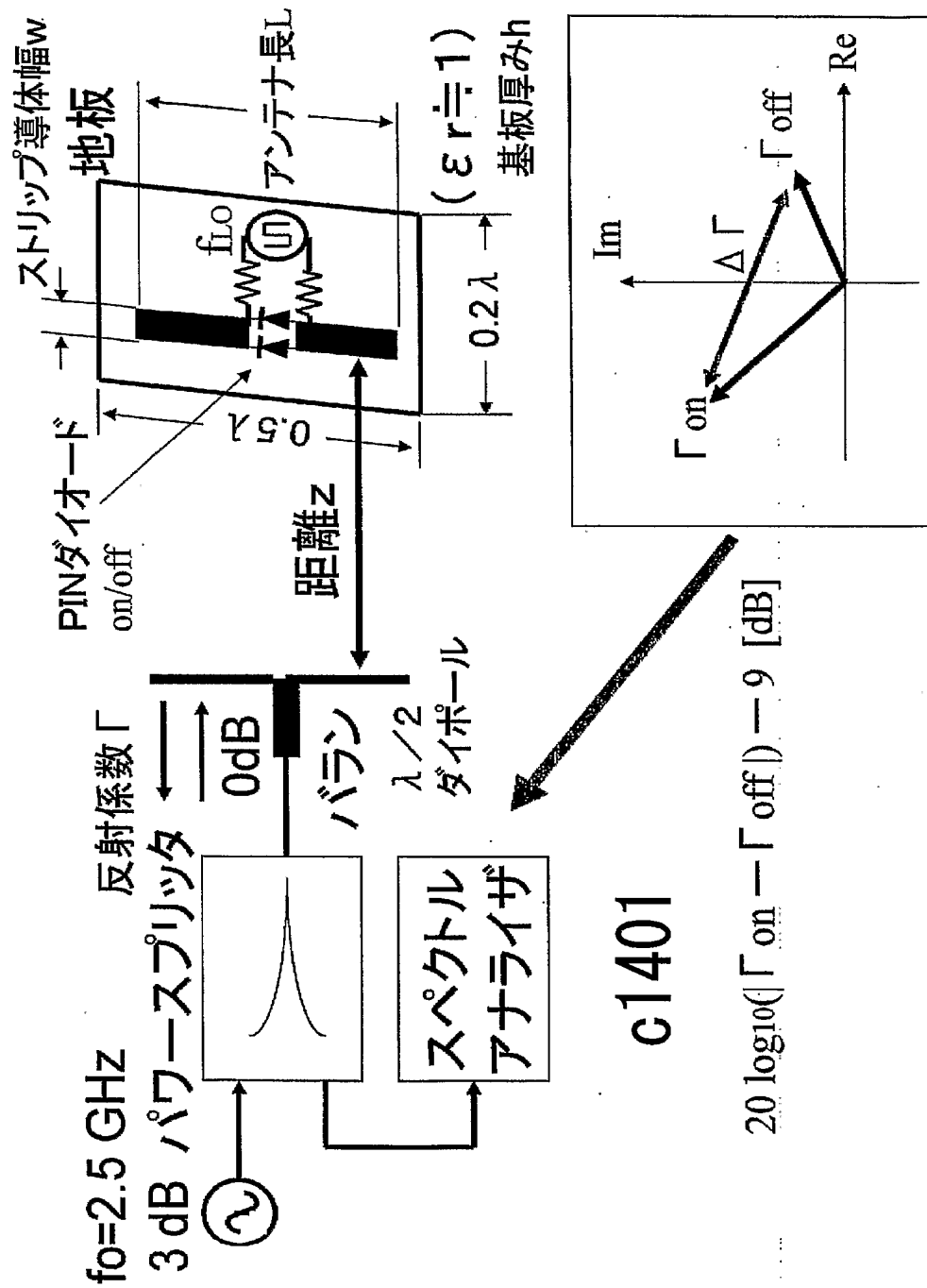


【図 13】

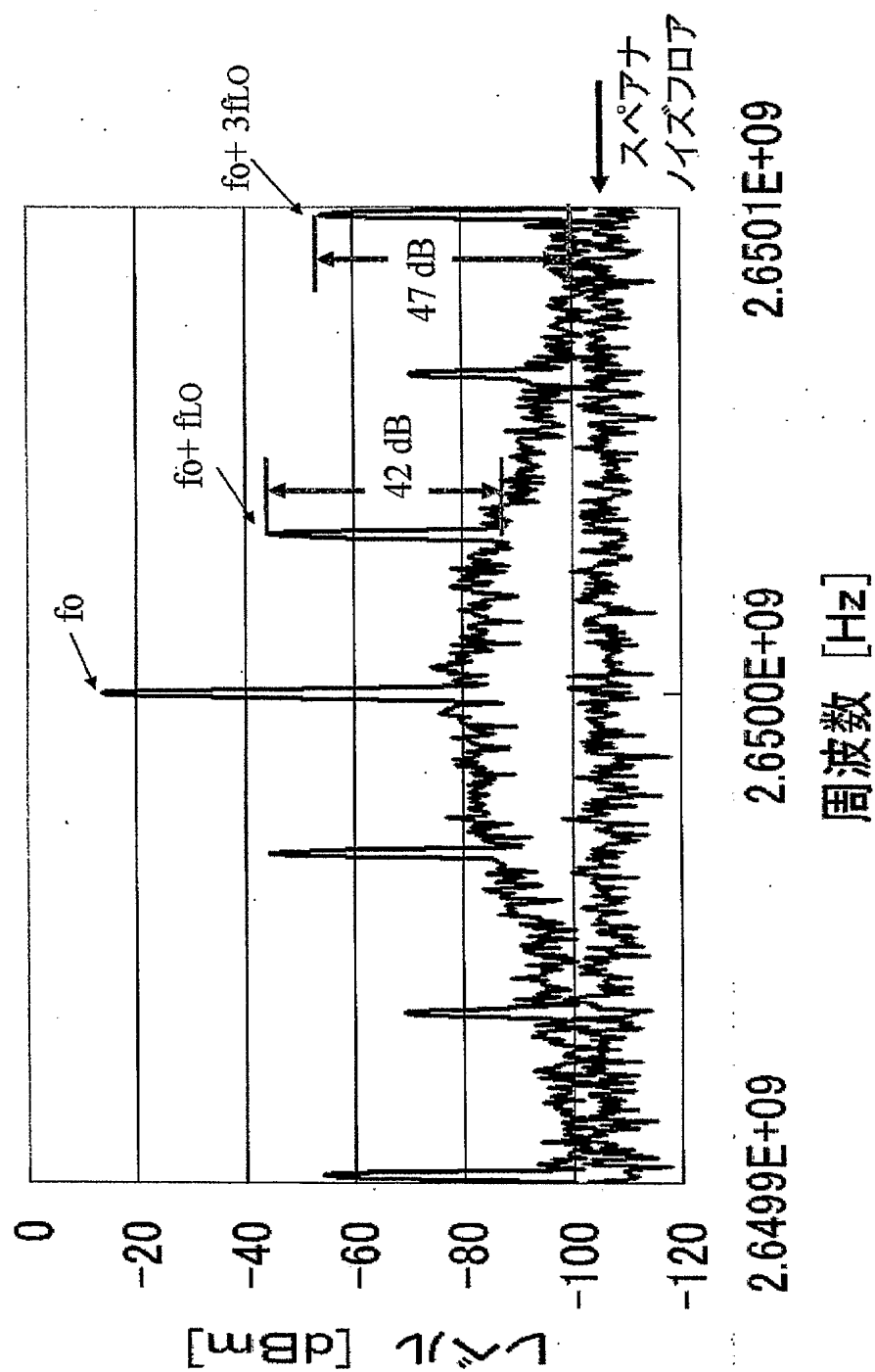


12/30

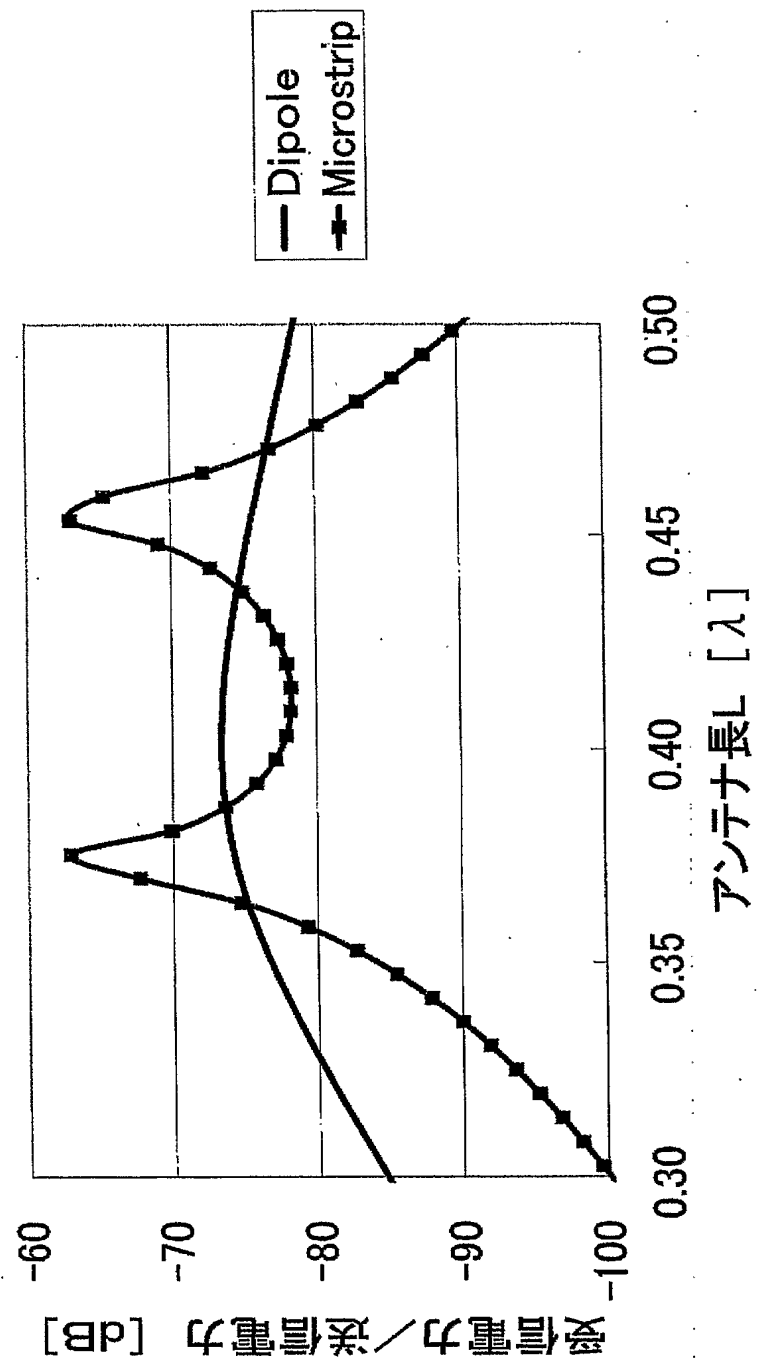
【図 14】



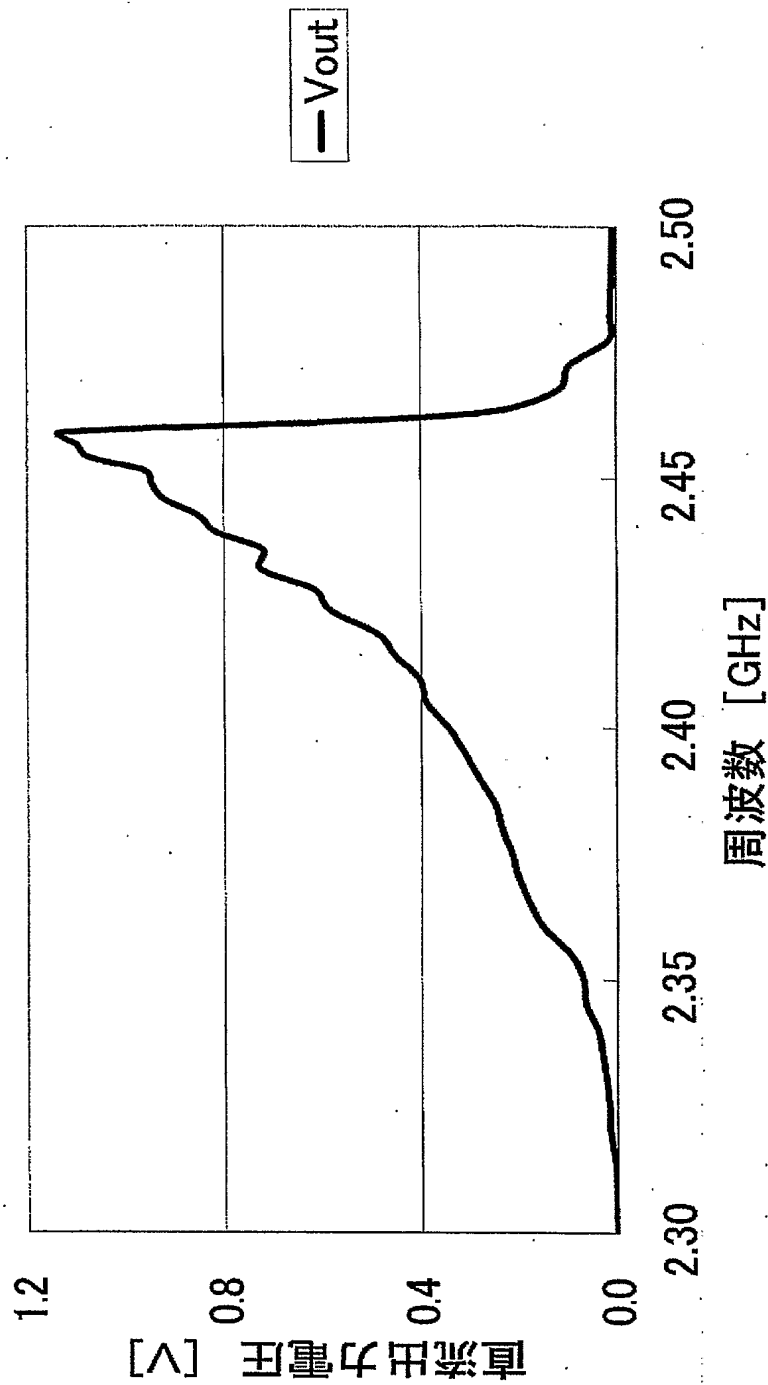
【図 15】



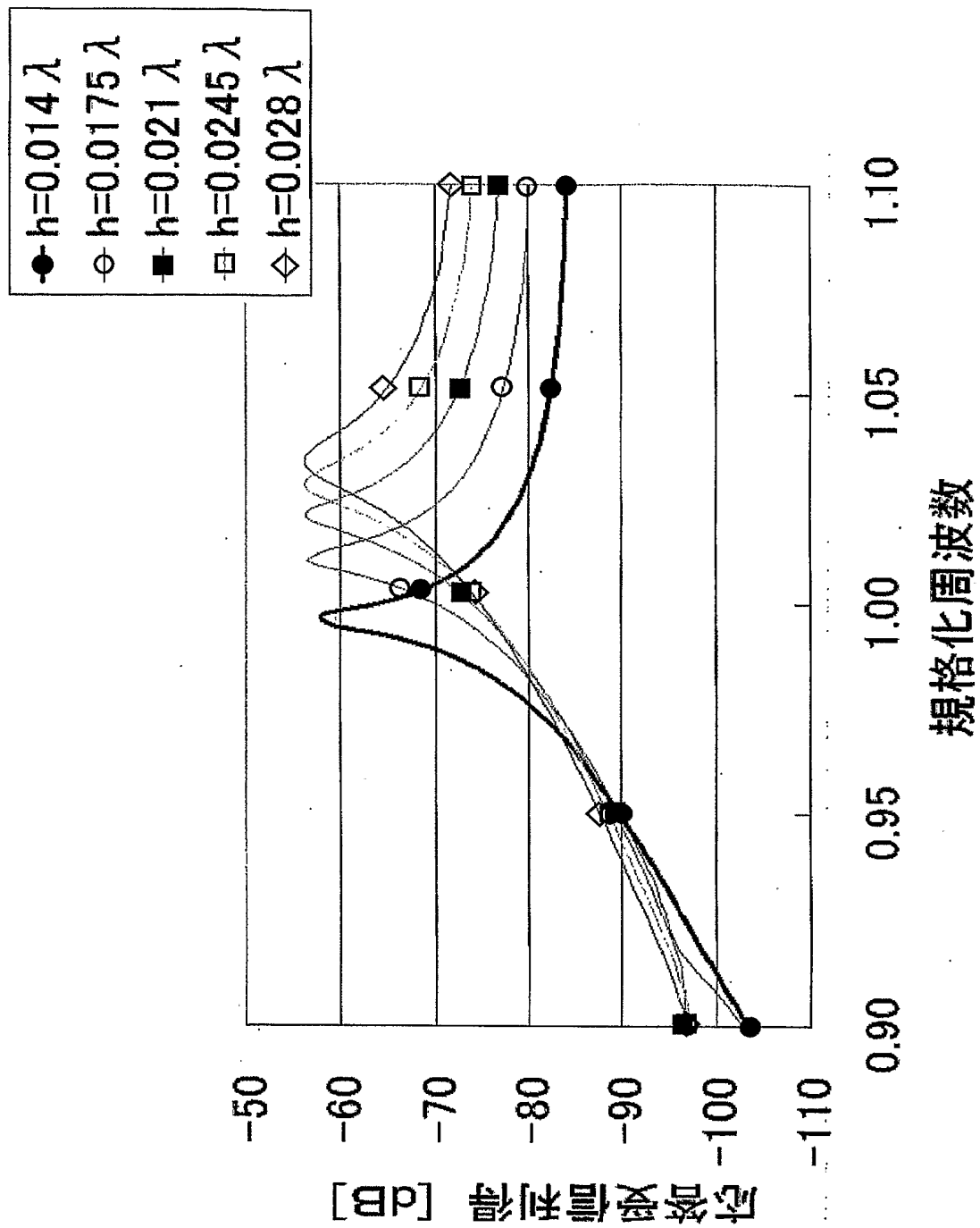
【図 16】



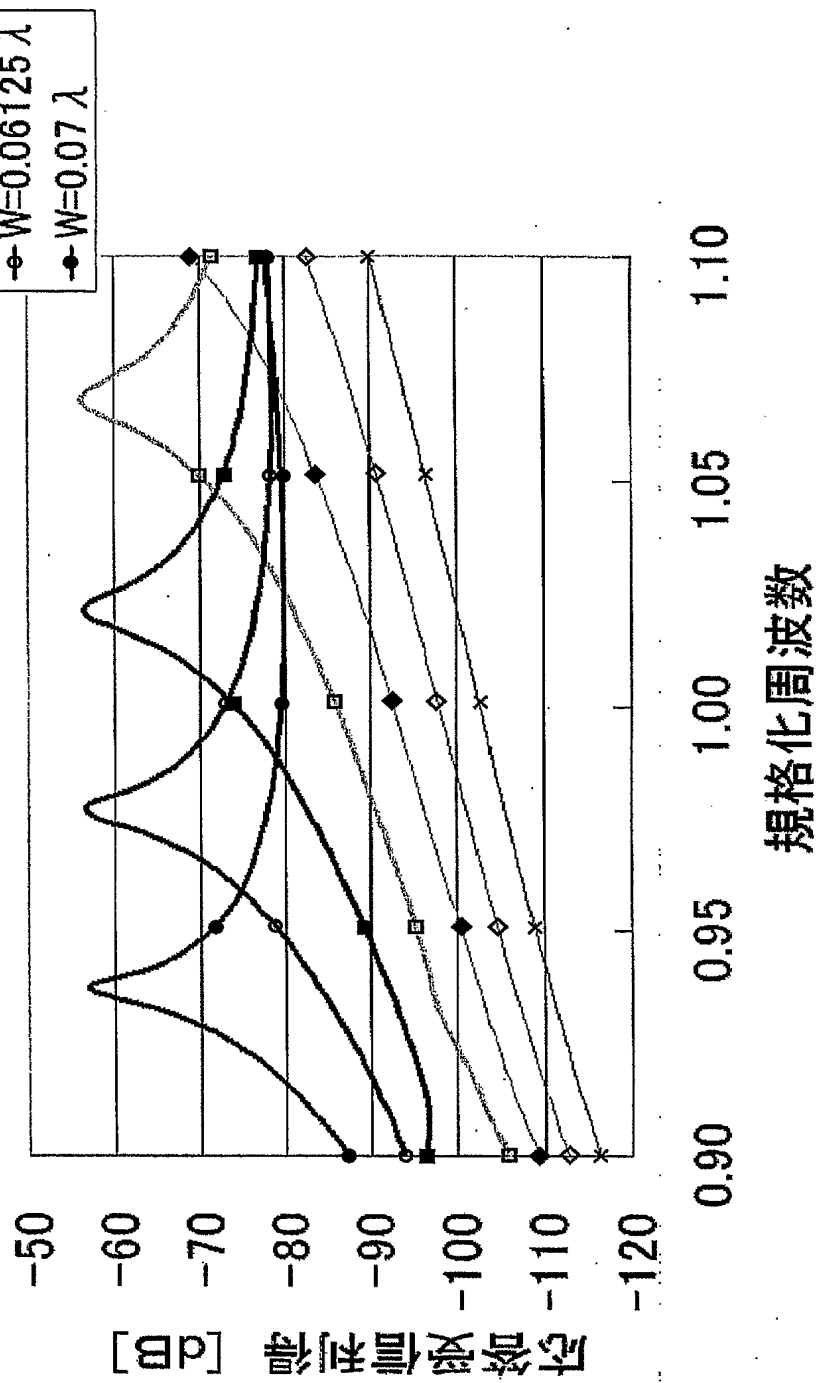
【図 17】



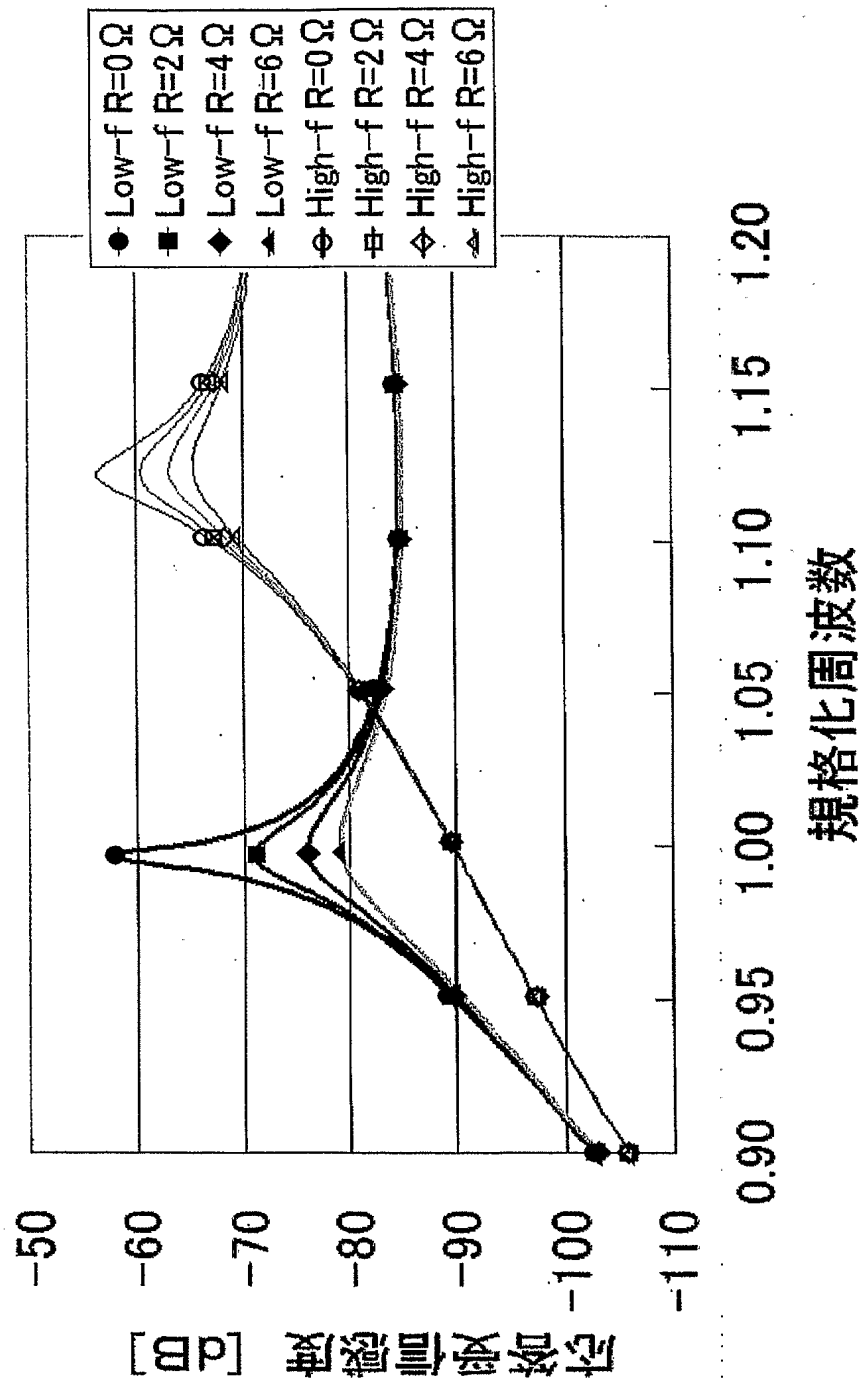
【図18】



【図 19】

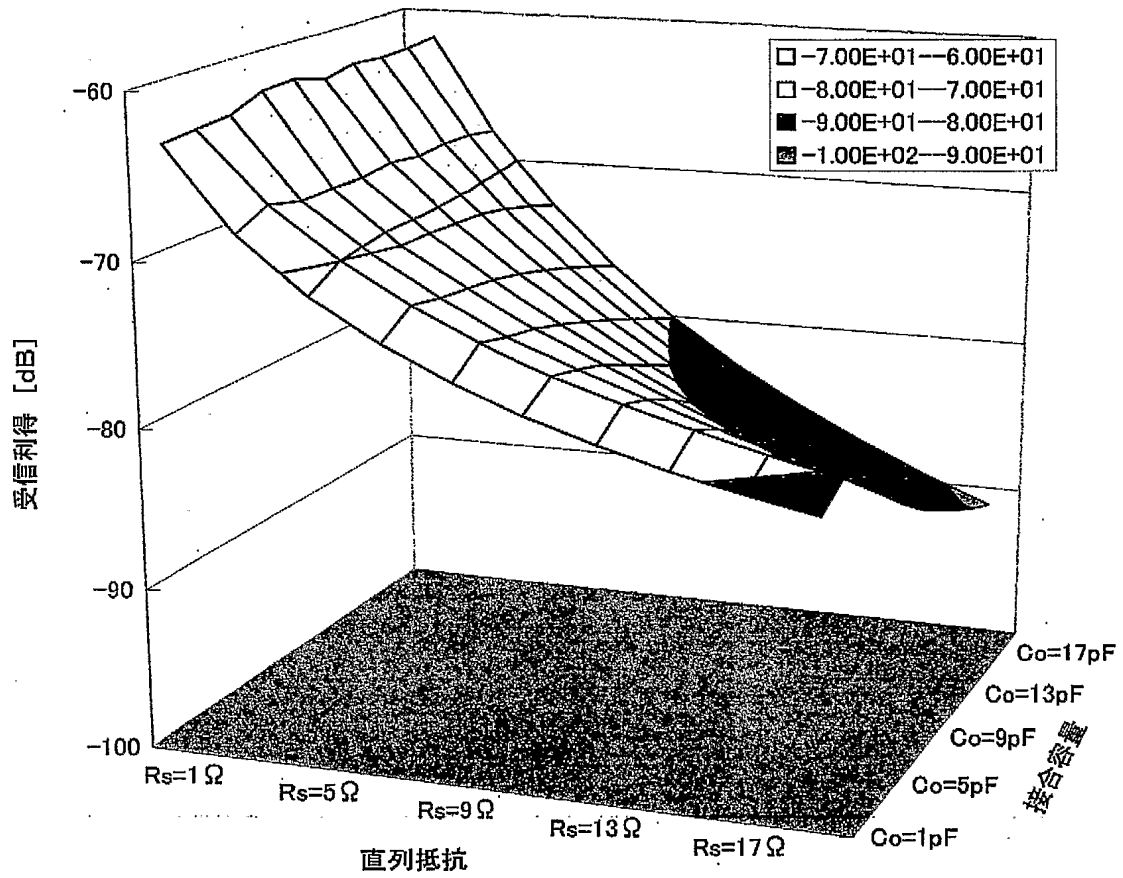


【図 20】

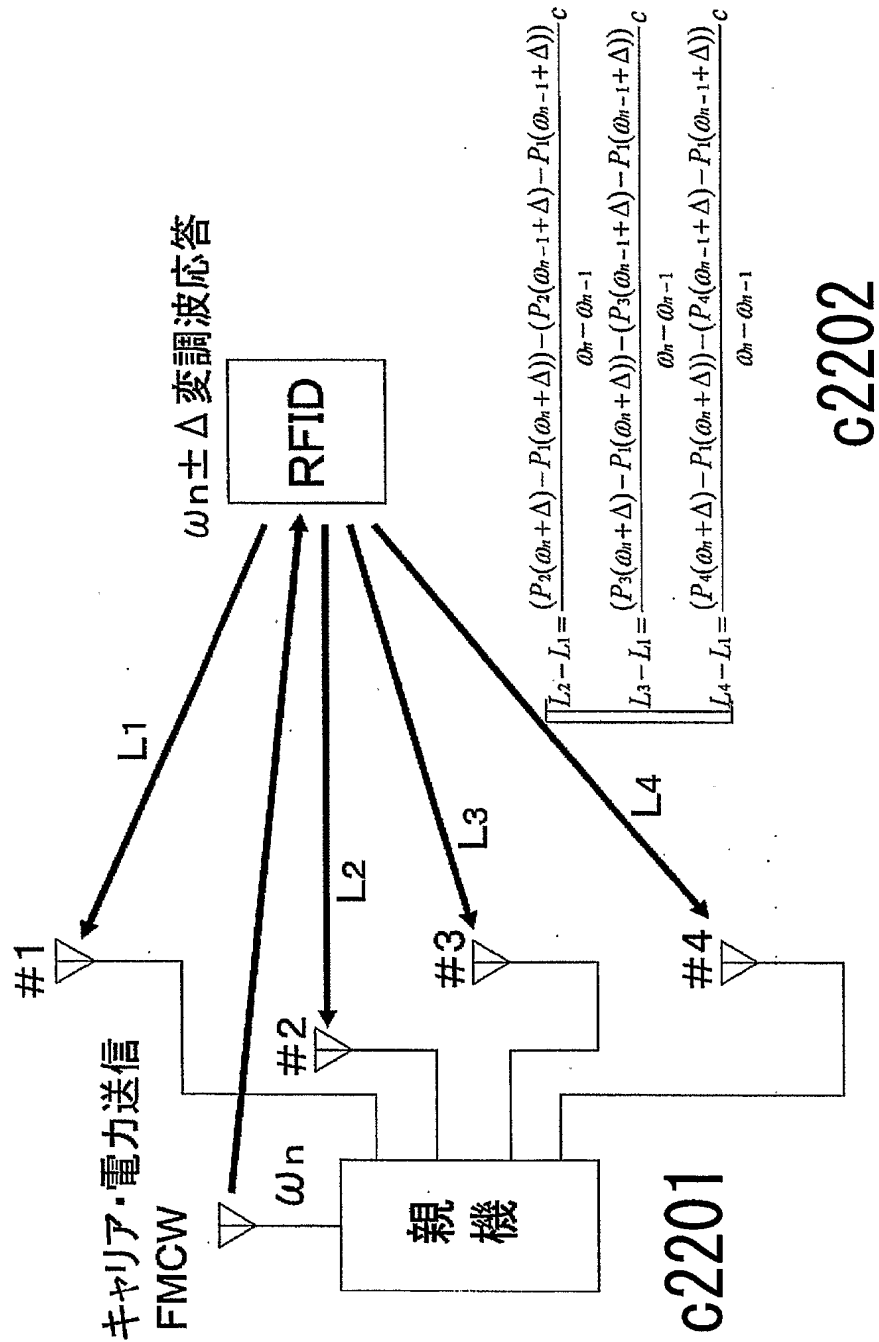




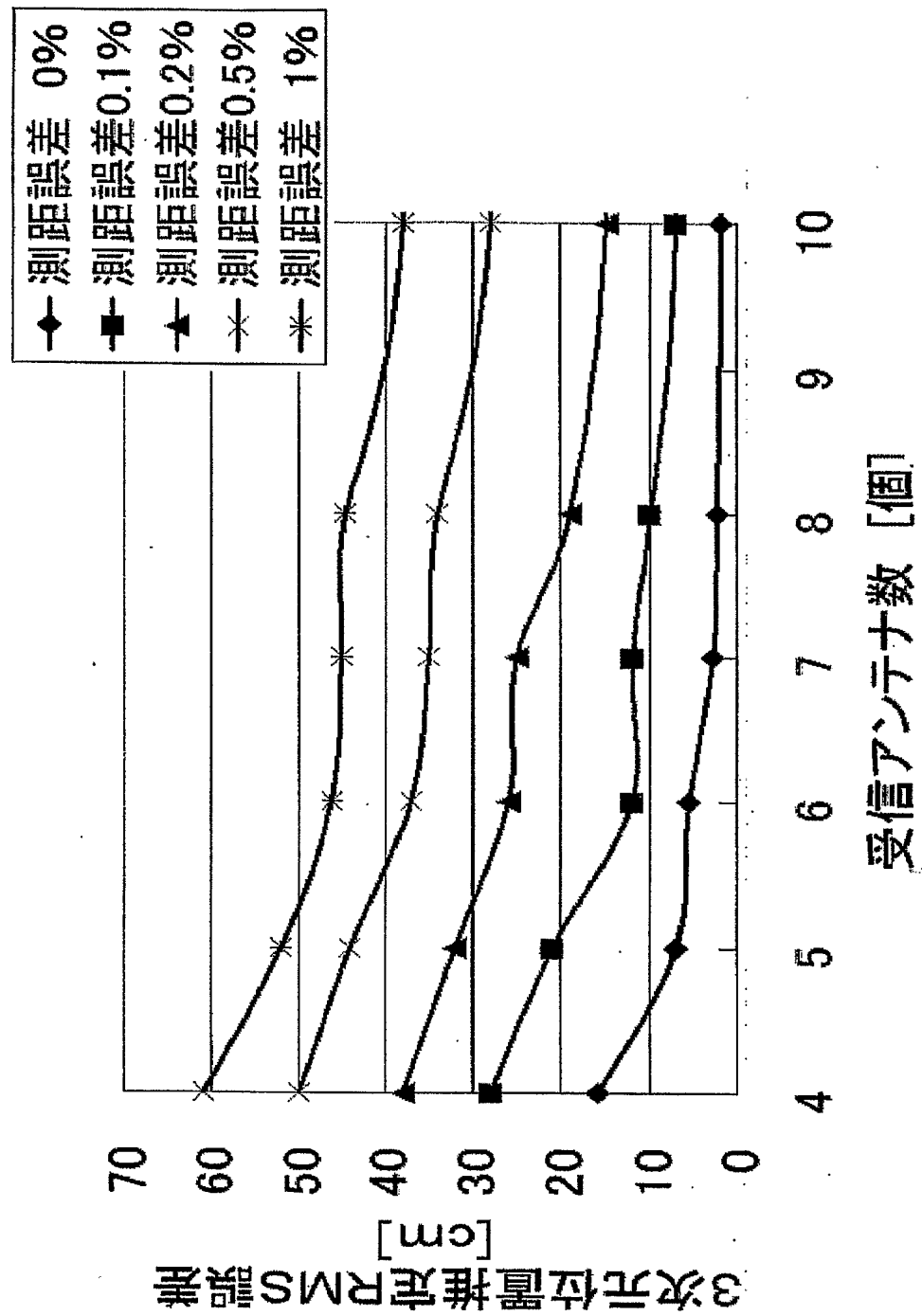
【図 21】



【図 22】

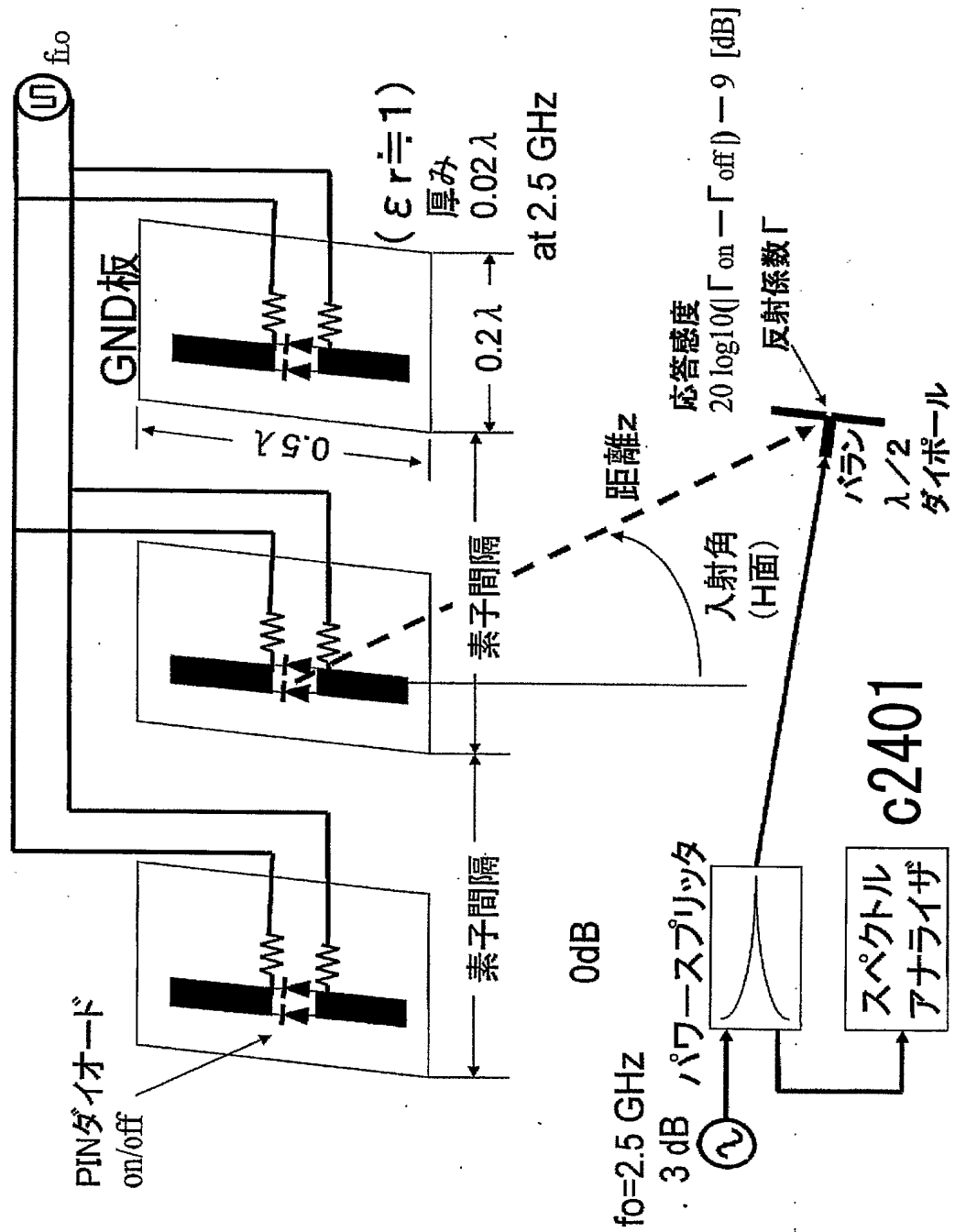


【図 23】

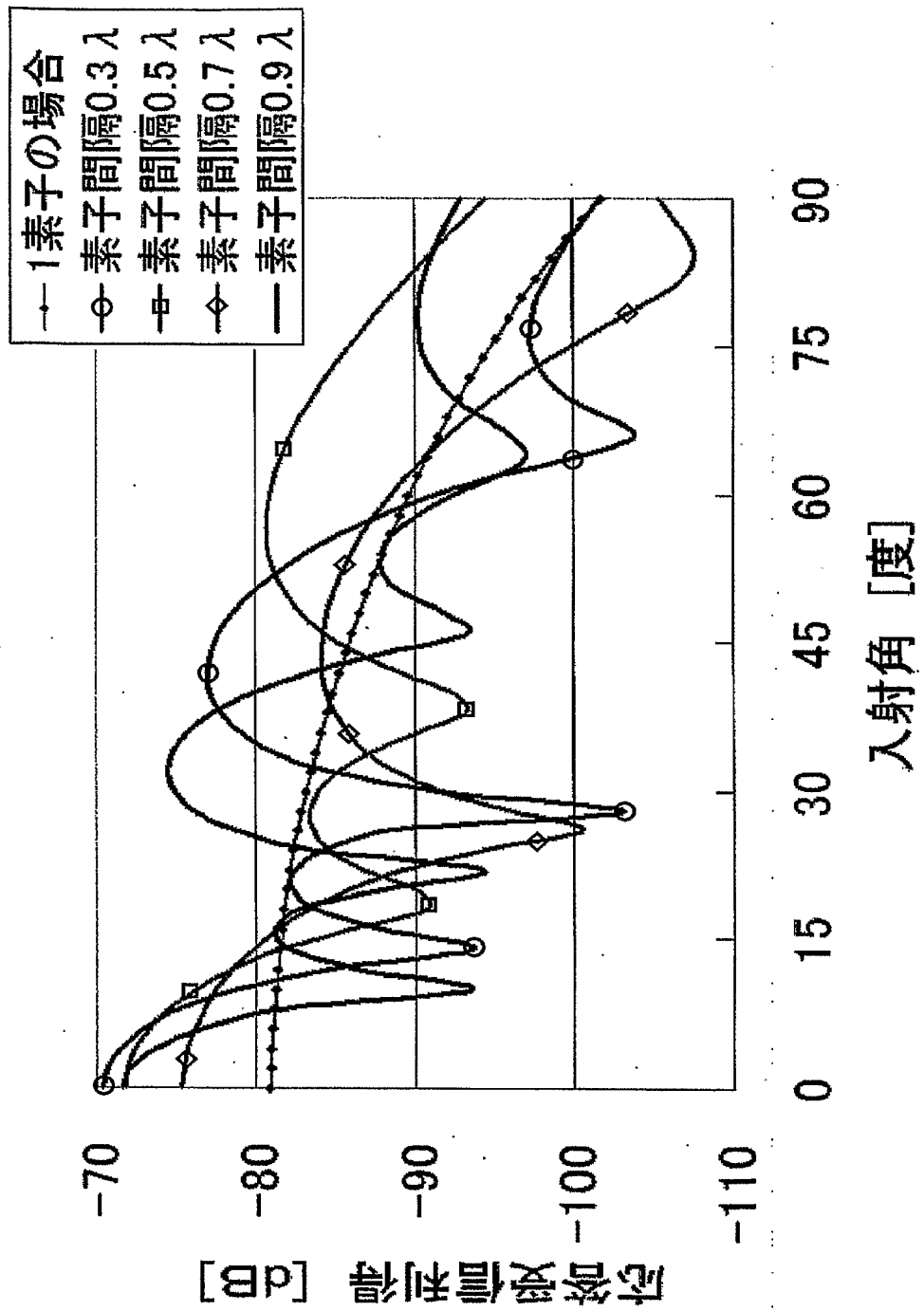


22/30

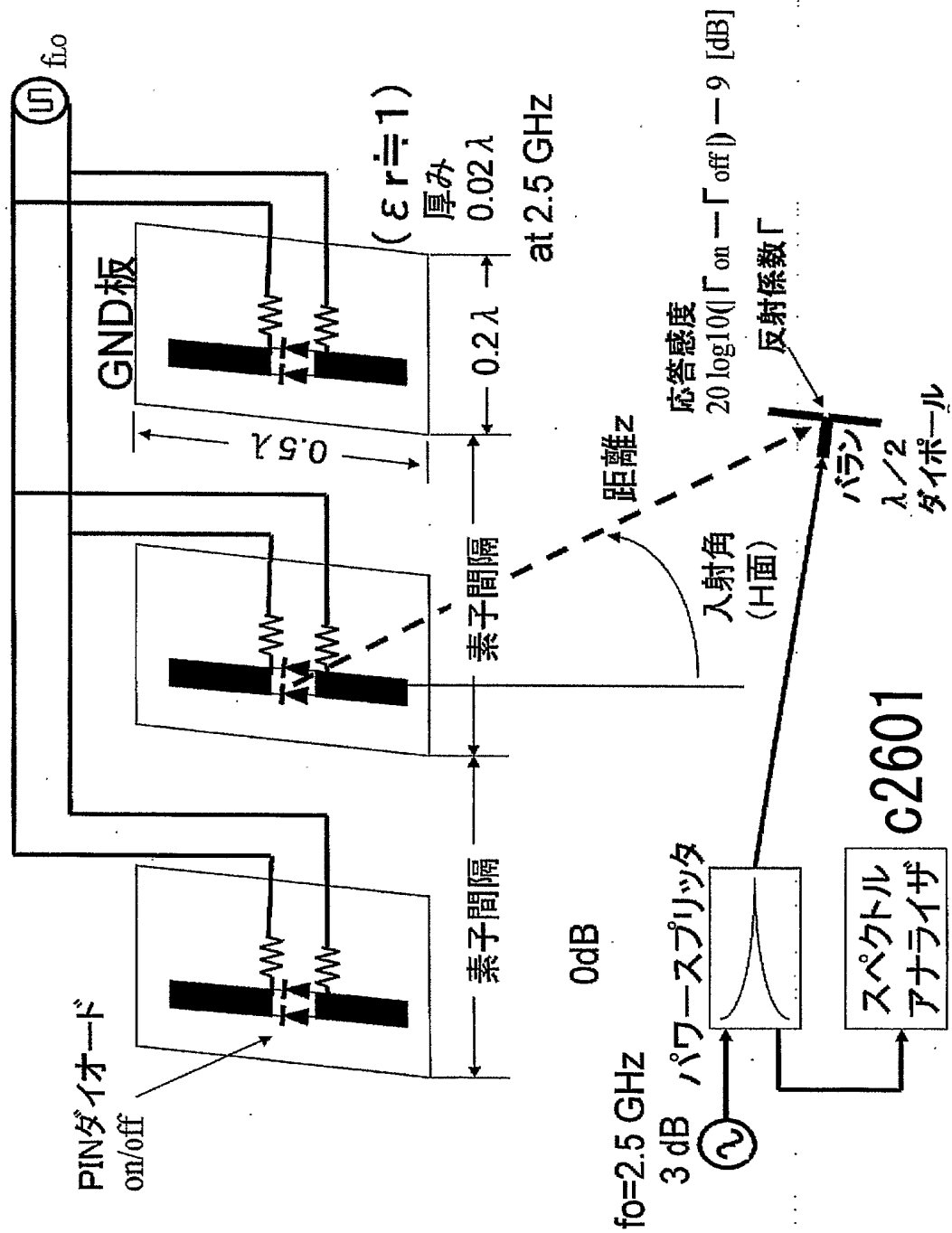
【図 2 4】



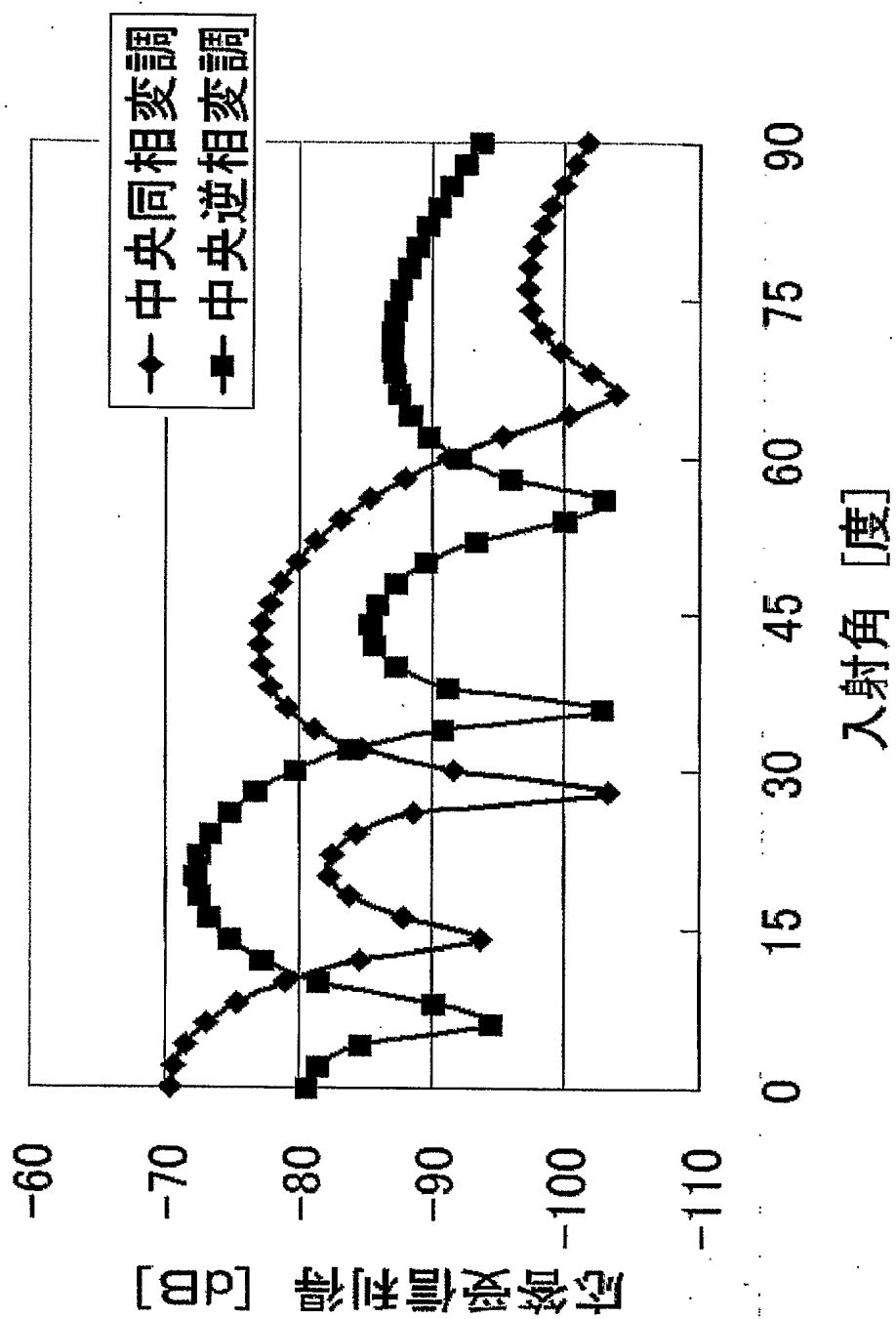
【図 25】



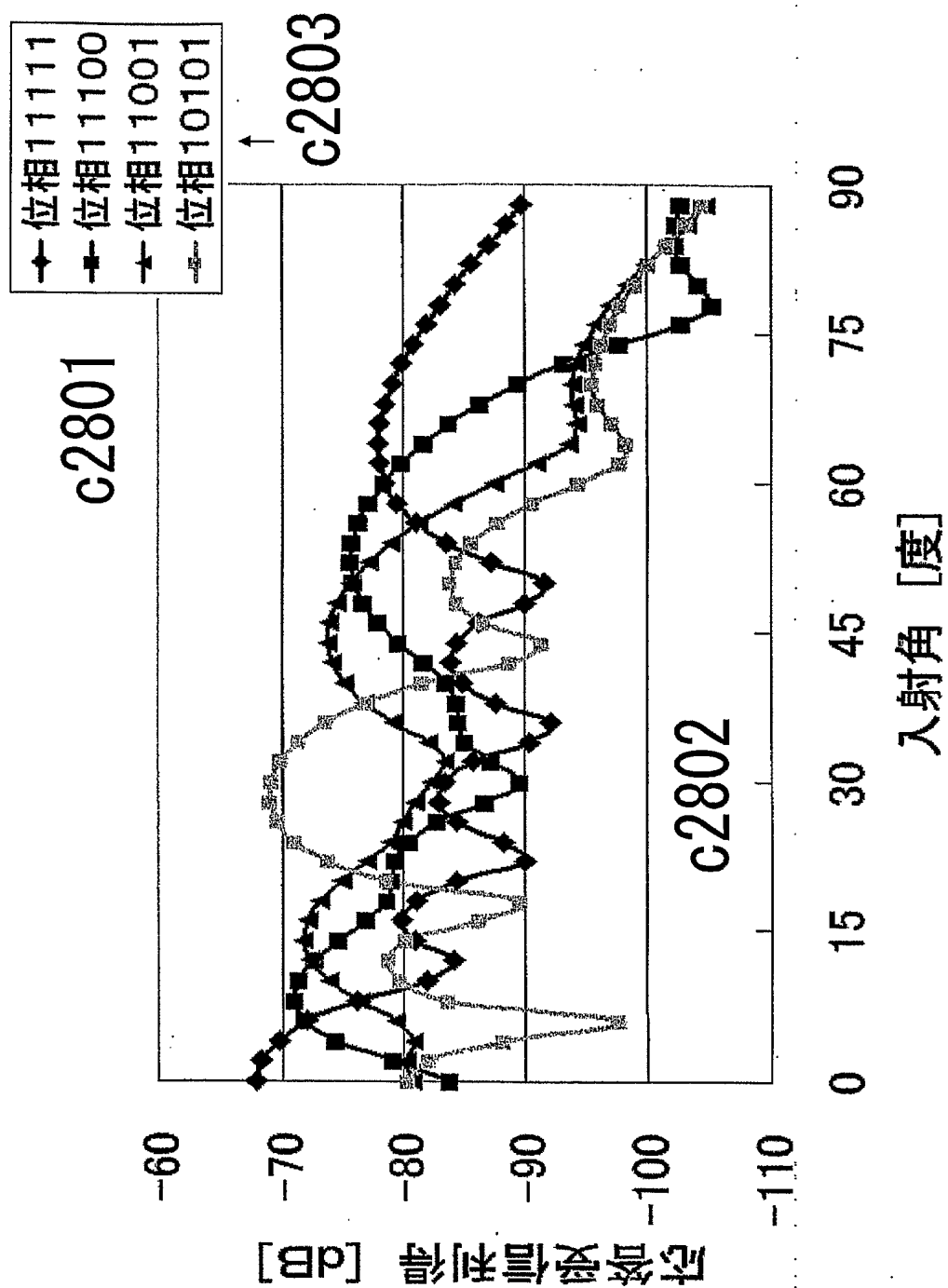
【図 26】



【図 27】



【図 28】





[ 29 ]

```

real*4 ep(5), x(5), y(5), z(5), xs(5), ys(5), zs(5)
real*4 al(200), bl(200), cl(201)

ij=1234556
f0=0.05
dlh=15.0/f0      ! cm ] (1)
na=16
write(*,10)
format(' Enter the location of x,y,z (cm) : '$) (2)
read(*,*,end=90) xp,yp,zp

call marray(xp,yp,zp,na,cl) (3)
do i=2,na+1
    verr=ran(ij)
    al(i-1)=cl(i)*(1.0+(verr-0.5)*0.001)-cl(1) ! noise 0.1 % ] (4)
end do
write(*,*) ' ΔL(cm)', (al(i),i=1,na)
write(*,*)

call mcycle(na,dlh,al) (5)

do i=1,5
    ep(i)=1.0e20
end do

do ix=-30,30
    xp=float(ix)*10.0
    do iy=-30,30
        yp=float(iy)*10.0
        do iz=-30,30
            zp=float(iz)*10.0 ] (6)
        end do
    end do
end do

call marray(xp,yp,zp,na,cl) (7)
do i=2,na+1
    bl(i-1)=cl(i)-cl(1)-al(i-1) (8)
end do

call mcycle(na,dlh,bl) (9)
er=0.0
do i=1,na
    er=er+bl(i)**2 (10)
end do
do i=1,5
    if (er .lt. ep(i)) then
        if (i .ne. 5) then
            do j=5,i+1,-1
                ep(j)=ep(j-1)
                x(j)=x(j-1)
                y(j)=y(j-1)
                z(j)=z(j-1)
            end do
        end if
        ep(i)=er
        x(i)=xp
        y(i)=yp
        z(i)=zp
        go to 30
    end if
end do ] (11)

```

[図30]

```

                                end if
                                end do
                                continue
                            end do
                        end do
                    end do

do i=1,5
    xs(i)=x(i)
    ys(i)=y(i)
    zs(i)=z(i)
end do

write(*,*) ' RMS error (cm)          x          y          z  (12)
do i=1,5
    write(*,*) sqrt(ep(i)/float(na)), x(i), y(i), z(i)
end do

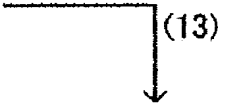
do m=1,5
    x0=xs(m)
    y0=ys(m)
    z0=zs(m)
do ix=-15,15
    xp=float(ix)+x0
    do iy=-15,15
        yp=float(iy)+y0
        do iz=-15,15
            zp=float(iz)+z0

            call marray(xp,yp,zp,na,cl)
            do i=2,na+1
                bl(i-1)=cl(i)-cl(1)-al(i-1)
            end do

            call mcycle(na,dih,bl)
            er=0.0
            do i=1,na
                er=er+bl(i)**2
            end do

            do i=1,5
                if (er.lt. ep(i)) then
                    if (i.ne.5) then
                        do j=5,i+1,-1
                            ep(j)=ep(j-1)
                            x(j)=x(j-1)
                            y(j)=y(j-1)
                            z(j)=z(j-1)
                        end do
                    end if
                    ep(i)=er
                    x(i)=xp
                    y(i)=yp
                    z(i)=zp
                    go to 35
                end if
            end do
        end do
    end do
end do

```



(13)

[図31]

```

                continue
            end do
        end do
    end do

    end do
    write(*,*)
    write(*,*) sqrt(ep(1)/float(na)), x(1), y(1), z(1)  (14)

    write(*,*)
    go to 20

    stop
    end

    subroutine marray(xp, yp, zp, na, cl)

    real*4 cl(1)

    cl(1)=sqrt(xp*xp+yp*yp+(zp+50.0)**2)
    do i=2, na+1
        ixx=i/3
        iyy=i-ixx*3
        xm=float(ixx-1)*50.0-10.0
        ym=float(iyy-1)*50.0+10.0
        cl(i)=sqrt((xp-xm)**2+(yp-ym)**2+zp*zp)
    end do

    return
    end

    subroutine mcycle(na, dlh, al)

    real*4 al(1)

    do i=1, na
        continue
        if (al(i) .gt. dlh) then
            al(i)=al(i)-dlh
            if (al(i) .le. dlh) go to 46
            go to 40
        end if
        continue
        if (al(i) .lt. -dlh) then
            al(i)=al(i)+dlh
            if (al(i) .ge. -dlh) go to 46
            go to 45
        end if
        continue
    end do

    return
    end

```

[図32]

Enter the location of x,y,z (cm) : 152,-203,56

|                 |           |           |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $\Delta L$ (cm) | 67.67562  | -38.21133 | -1.487458 | 39.09471  |
| -69.24731       | -27.88023 | 16.30007  | -91.74537 | -46.11990 |
| 0.9732714       | -102.0754 | -54.30361 | -5.570741 | -98.28325 |
| -51.46763       | -3.269386 |           |           |           |

|                |          |           |          |
|----------------|----------|-----------|----------|
| RMS error (cm) | x        | y         | z        |
| 0.6834297      | 150.0000 | -200.0000 | 60.00000 |
| 0.8562734      | 150.0000 | -190.0000 | 50.00000 |
| 1.116775       | 150.0000 | -200.0000 | 50.00000 |
| 1.163736       | 160.0000 | -230.0000 | 70.00000 |
| 1.216863       | 160.0000 | -220.0000 | 60.00000 |
| 8.4395386E-02  | 152.0000 | -203.0000 | 56.00000 |

Enter the location of x,y,z (cm) : 22,123,-89

|                 |          |           |          |           |
|-----------------|----------|-----------|----------|-----------|
| $\Delta L$ (cm) | 5.506481 | 57.46710  | 16.50204 | -17.27929 |
| 55.74849        | 14.06553 | -20.41722 | 66.89948 | 28.19106  |
| -2.332703       | 89.04320 | 55.22502  | 29.83902 | 119.4193  |
| 90.37129        | 69.39222 |           |          |           |

|                |          |          |           |
|----------------|----------|----------|-----------|
| RMS error (cm) | x        | y        | z         |
| 1.445567       | 20.00000 | 130.0000 | -90.00000 |
| 1.754374       | 20.00000 | 130.0000 | -100.0000 |
| 1.951296       | 20.00000 | 120.0000 | -80.00000 |
| 2.345274       | 20.00000 | 120.0000 | -90.00000 |
| 2.709345       | 20.00000 | 140.0000 | -100.0000 |
| 6.2024966E-02  | 22.00000 | 123.0000 | -89.00000 |

Enter the location of x,y,z (cm) : 60,161,5

|                 |           |           |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $\Delta L$ (cm) | -23.45399 | 32.54938  | -13.85323 | -57.41031 |
| 21.66080        | -27.96993 | -77.36571 | 22.85288  | -26.38201 |
| -74.96463       | 36.05470  | -9.367880 | -51.50449 | 59.00156  |
| 18.86572        | -15.62937 |           |           |           |

|                |          |          |              |
|----------------|----------|----------|--------------|
| RMS error (cm) | x        | y        | z            |
| 1.358104       | 60.00000 | 160.0000 | 10.00000     |
| 1.400364       | 60.00000 | 160.0000 | 0.000000E+00 |
| 1.561480       | 60.00000 | 170.0000 | 0.000000E+00 |
| 1.779230       | 60.00000 | 170.0000 | 10.00000     |
| 1.850774       | 60.00000 | 150.0000 | 10.00000     |
| 4.4650473E-02  | 60.00000 | 161.0000 | 5.000000     |

Enter the location of x,y,z (cm) :

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002746

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H04B1/59, H04B5/02, H02J17/00, H01Q13/08, H01Q9/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H04B1/59, H04B5/02, H02J17/00, H01Q13/08, H01Q9/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2005 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2005 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2005 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | JP 11-261339 A (Hitachi, Ltd.),<br>24 September, 1999 (24.09.99),<br>Par. No. [0013]<br>(Family: none) | 1-20                  |
| A         | JP 2003-69447 A (Hitachi, Ltd.),<br>07 March, 2003 (07.03.03),<br>Par. No. [0011]<br>(Family: none)    | 1-20                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 April, 2005 (20.04.05)

Date of mailing of the international search report  
17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04B1/59 H04B5/02 H02J17/00  
H01Q13/08 H01Q9/16

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H04B1/59 H04B5/02 H02J17/00  
H01Q13/08 H01Q9/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
日本国実用新案登録公報 1996-2005年  
日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                              | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A               | JP 11-261339 A (株式会社日立製作所)<br>1999.09.24, 【0013】<br>(ファミリーなし)  | 1-20             |
| A               | JP 2003-69447 A (株式会社日立製作所)<br>2003.03.07, 【0011】<br>(ファミリーなし) | 1-20             |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

江口 能弘

電話番号 03-3581-1101 内線 3576

5W

8125